

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra robototechniky

Návrh zařízení pro destrukci výbušných systémů

The Mechanical Design of the Device for explosive Systems
Destruction

Student:

Gabriel Tomáš

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Mihola Milan

Ostrava 2010

Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Gabrhel**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2301R013 Robotika
Specializace: 70 Robotika
Téma: **Návrh zařízení pro destrukci výbušných systémů**
The Mechanical Design of the Device for Explosive Systems
Destruction

Zásady pro vypracování:

1. Provedte podrobnou analýzu současného stavu řešené problematiky.
2. Na základě této analýzy navrhnete možné varianty řešení a provedte jejich srovnání.
3. Vybranou variantu detailně rozpracujte s využitím dostupných prostředků pro podporu konstruování. Navrhnete prostředky řízení.
4. Práci doplňte podrobnou technickou a výpočtovou dokumentací. Výkresovou dokumentaci vypracujte dle pokynů vedoucího práce.
5. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu MS WORD a konstrukční řešení v CAD systému (dle pokynů vedoucího).

Seznam doporučené odborné literatury:

Kámik, L., Knořlíček, R., Marcinčin, J. N. *Mobilní roboty*. Opava: MÁRFY SLEZSKO, 2000. 210 s. ISBN 80-902746-2-5.

Kámik, L. *Robotizace v nestrojírenských oborech*. VŠB-TUO, Ostrava, 2000, 66 s. ISBN 80-7078-739-2.

Schraft, R.F., Volz, H. *Serviceroboter*. Springer – Verlag, Berlin, 1996.

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Míhola

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010

prof. Dr.Ing. Petr Novák
vedoucí katedry

prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě, 25. 9. 2010

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, же оdevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě, 25. 9. 2010

.....

Tomáš Gabrhel

Trvalé bydliště:

Na láně 1977

Uherský Brod

688 01

Anotace bakalářské práce

GABRHEL T. Návrh zařízení pro stávající robotické rameno. Ostrava: katedra robototechniky, Fakulta strojní VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2010 . Bakalářská práce, vedoucí Mihola M.

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem zařízení určeného pro destrukci výbušných systémů pro stávající robotické rameno vhodného typu robotu. Součástí návrhu je variantní řešení s výběrem optimální varianty pomocí hodnotové analýzy. Je vypracován 3D model finální varianty v CAD systému Pro/Engineer, výkresová a výpočtová dokumentace.

Zařízení je navrženo tak, aby dokonale tlumilo zpětný ráz při výstřelu a zajistilo přesnost střelby brokovnice. Jedná se o inovaci stávajícího zařízení.

Annotation thesis

Gabrhel T. Proposal equipment for existing robotic arm. Ostrava: Department of Robotics, Faculty of Mechanical Engineering, VSB - Technical University of Ostrava, 2010. Bachelor thesis, leading Mihola M

The bachelor thesis deals with structural design of equipment intended for the destruction of explosive systems existing robotic arm suitable type of robot. The proposal is the alternative solution for selection of the optimal design through value analysis. It developed a 3D model of the final variant of the CAD system Pro / Engineer, drawing and calculation documentation.

The equipment is designed to be completely dissipated recoil during firing, ensuring accuracy of firing from shotgun. This is an upgrade of existing equipment.

Obsah

ÚVOD	- 8 -
SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ	- 9 -
1. ROZBOR SOUČASNÉHO STAVU	- 10 -
1.1 TYPY SERVISNÍCH ROBOTU URČENÝCH PRO DESTRUKCI VÝBUŠNÝCH SYSTÉMŮ	- 10 -
1.2 TELEX	- 10 -
1.3 TEODOR	- 12 -
1.4 DESTRUKCE VÝBUŠNÝCH SYSTÉMŮ	- 16 -
2. POŽADAVKY VEDOUcíHO BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	- 26 -
2.1 POŽADAVKOVÝ LIST	- 27 -
2.2 POŽADAVKY VEDOUcíHO BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	- 28 -
3. NAVRŽENÉ VARIANTY A JEJICH SROVNÁNÍ	- 29 -
3.1 VARIANTA 1 - VODNÍ ROZSTŘELOVAČ	- 29 -
3.2 VARIANTA 2 - ROZSTŘELOVAČ ZA POMOCI POLOAUTOMATICKÉ BROKOVNICE	- 30 -
3.3 VARIANTA 3 - SPECIÁLNÍ BROKOVNICE TYPU DZ 89	- 31 -
3.4 CELKOVÉ ZHODNOCENÍ A VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY TYPU ZBRANĚ	- 31 -
3.5 VARIANTA A	- 32 -
3.6 VARIANTA B	- 33 -
3.7 VARIANTA C	- 34 -
3.8 VARIANTA D – FINÁLNÍ	- 36 -
4. VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY	- 38 -
4.1 ZVOLENÍ POŽADOVANÝCH KRITÉRIÍ A PŘÍRAZENÍ DŮLEŽITOSTI	- 38 -
4.2 URČENÍ VÝZNAMNOSTI KRITÉRIÍ	- 39 -
4.3 HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ VARIANT	- 39 -
4.4 VÝPOČTY CELKOVÝCH INDEXŮ VARIANT	- 41 -
4.5 ZHODNOCENÍ VÝBĚRU VARIANT	- 42 -
5. KONSTRUKCE ZAŘÍZENÍ (MECHANISMU)	- 43 -
5.1 FUNKCE ZAŘÍZENÍ (MECHANISMU)	- 43 -
5.2 ELEKTROMAGNETICKÝ MECHANISMUS	- 45 -
5.3 TLUMIČE ZPĚTNÉHO RÁZU	- 46 -
6. VÝBĚR VHODNÉ BROKOVNICE	- 47 -
7. PŘÍSLUŠENSTVÍ K ZAŘÍZENÍ (MECHANISMU)	- 53 -
7.1 KAMERA	- 53 -
7.2 LASEROVÉ ZAMĚŘOVÁNÍ	- 54 -
7.3 OCHRANA KAMERY	- 55 -
8. PŘÍPRAVA PARAMETRŮ K NEJDŮLEŽITĚJŠÍM VÝPOČTŮM	- 56 -
8.1 AKCIOVÁ SPOLEČNOST SELLIER & BELLOT	- 56 -
8.2 INFORMACE ZÍSKANÉ VE SPOLUPRÁCI S FIRMOU SELLIER AND BELLOT	- 57 -
8.3 NAMĚŘENÉ HODNOTY V LABORATOŘI	- 57 -
9. VÝPOČET ZPĚTNÉHO RÁZU	- 58 -
9.1 OBECNÝ VÝPOČET	- 58 -
9.2 VÝPOČET PŘIROVNANÝ NA ČLOVĚKA	- 58 -
9.3 VÝPOČET PŘIROVNANÝ NA CELKOVOU HMOTNOST ROBOTU	- 59 -
10. ZÁVĚR	- 61 -
11. SEZNAM DOPORUČENÉ LITERATURY	- 62 -
12. SEZNAM PŘÍLOH	- 63 -

Úvod

Pyrotechnici, armádní a policejní složky denně nasazují své životy, je to jejich povolání, dělají to pro nás a naši bezpečnost. Jsou to speciální oddíly určené pro boj s terorismem a uklízení nepořádku, jež tyto nebezpečné živly natropí. Jedna z největších nočních mūr zemí Severo-atlantické aliance je terorismus a s ním spojené nebezpečné výbušniny! Tyto složky působí v každém státě civilizovaného světa, jejich úkolem je boj s organizovaným zločinem, terorismem a zneškodňování nebezpečných výbušnin. V médiích jsme se jistě doslechli o mnoha případech úspěšně splněného úkolu a zneškodnění výbušniny, jež ohrožovala naši bezpečnost. Každá akce však nemusí dopadnout vždy úspěšně, jedná se o nejnebezpečnější povolání, každým úkolem tito lidé riskují svůj život.

Nemuselo by tomu být vždy tak, žijeme v 21. Století, v době, kdy technika předčila naše očekávání, ve světě počítačů a hlavně době robotů. Člověk je nenahraditelný, žádný už nebude jako on. Ale robot ano. Může jich z výrobní linky vyjet jakékoliv množství, jež si svět bude přát a potřebovat. Právě o tom bude tato práce a studie.

Má práce se zabývá obnovou stávajícího zařízení, studii současného stavu a konstrukčním návrhem zařízení pro destrukci výbušných systému za pomoci vhodně zvolené zbraně a typu servisního robota. Zařízení se musí dobře vypořádat se zpětným rázem při výstřelu, být konstrukčně nenáročné pro rameno robota, být spolehlivé a přesné při výstřelu.

Seznam použitého značení

Symbol	Význam	Jednotky
v_p	Rychlost brokovnice	m/s^{-1}
v_s	Rychlost střely	m/s^{-1}
m_s	Hmotnost střely	kg
$m_{\check{c}}$	Hmotnost člověka	kg
m_b	Hmotnost brokovnice	kg
m_r	Hmotnost robotu	kg
F	Síla	N
P	Tlak	Pa
t	Čas	s
m_m	Hmotnost mechanismu (laktace)	kg

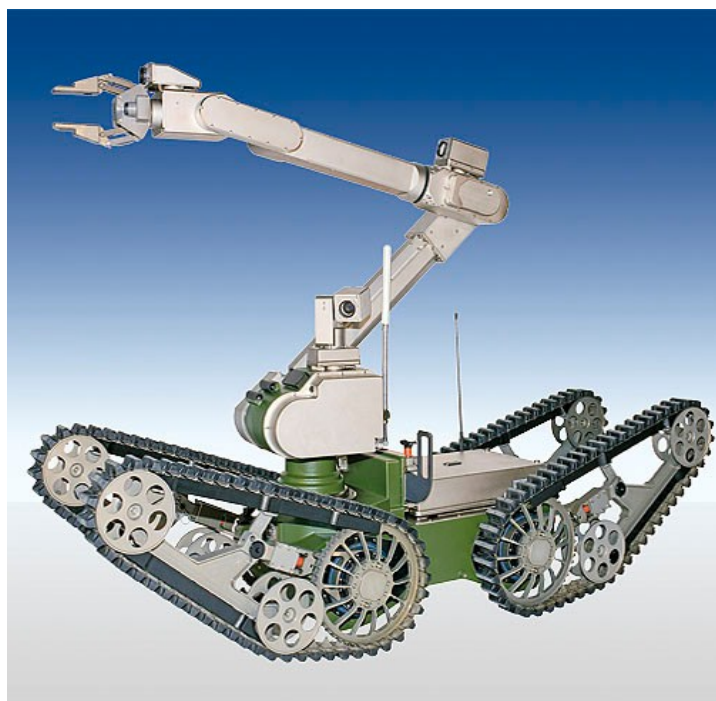
1. Rozbor současného stavu

Níže je představeno několik druhů servisních robotů pyrotechniků, které představují výběr nejrozšířenějších typů. Jsou zde představené roboty používané v průmyslové praxi v České republice i jiných státech. Jedná se o různorodé typy robotů s různými typy zbraňových zařízení.

1.1 Typy servisních robotů určených pro destrukci výbušných systémů

1.2 Telexmax

Německá společnost Telerob, která se na veletrhu IDET objevila letos poprvé. Je jedním z hlavních výrobců robotů pro vyhledávání a zneškodňování výbušnin. Takové prostředky dnes mají ve výzbroji mnohé bezpečnostní sbory a ozbrojené síly, armádu ČR nevyjímaje. Robot Teodor používaný našimi ženisty je totiž právě produktem firmy Telerob. Zlatým hřebem výrobního programu je robot TeleMax se dvěma dvojicemi pásů, díky kterým může nejen jezdit, ale doslova i kráčet. Telerob nabízí i další výbavu pro pyrotechniky, především nákladní auta uzpůsobená pro dopravu celého týmu a podporu jeho činnosti.



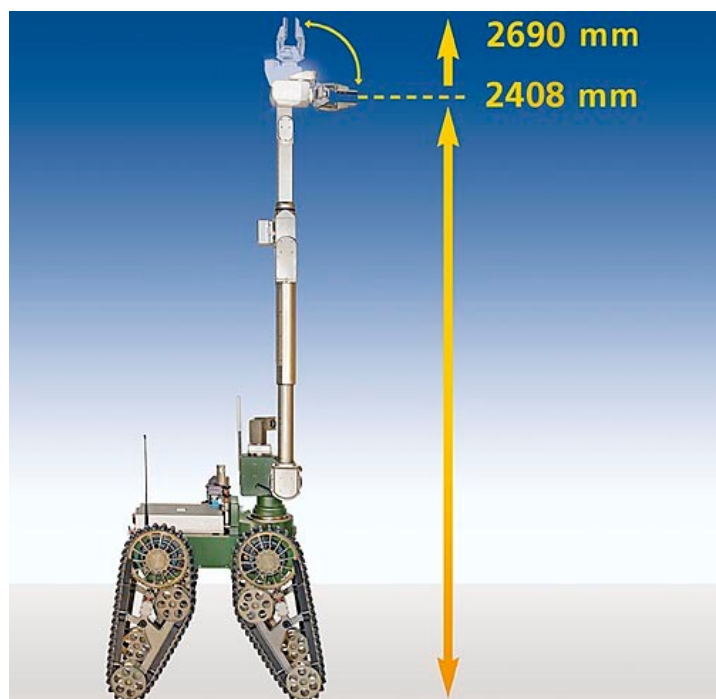
Obrázek 1.1 [Telemax](http://www.telerob.de)
(www.telerob.de)

Vlastnosti Telemaxe vychází z volně dostupných informací, vzhledem k určení těchto strojů jsou některé údaje tajné a výrobci je sdělují pouze uživatelům.

Hlavním úkolem je průzkum. Robot například musí zjistit, zda podezřelý objekt je opravdu nebezpečný, nebo jde třeba o odhozenou tašku s krabicí od bot. Základním průzkumným vybavením jsou různé typy kamer, od širokoúhlých přehledových až po zvětšující. Speciálně upravené kamery mohou zkoumat podezřelý předmět v infračerveném světle a nejdražší varianty robotů mohou být vybaveny i rentgenem. Další možnosti jsou elektromagnetické snímače. Mohou získat informaci, zda je v podezřelém předmětu aktivní elektrické zařízení nebo vysílačka. Přenos obrazu a dalších dat bývá bezdrátový nebo po kabelu, samozřejmě je záznam všech získaných údajů. S kamerami bývají spojeny i laserové dálkoměry, které umožňují zaměření důležitých vzdáleností a směrů.

S průzkumem souvisí otázka pohyblivosti robota. Většina z nich má pásový podvozek s gumovými pásy. Přídavné pásy na výkyvných ramenech umožňují překonávání menších překážek nebo pohyb po schodech. V menší míře a spíše na větších robotech se můžeme setkat s kolovým podvozkem. Zdrojem energie pro hnací elektromotory jsou vezené akumulátory nebo přívodním kabelem.

Na podvozku je obvykle umístěno pohyblivé rameno, které policejním robotům dává typickou "žirafí" siluetu. Rameno nese kamery, reflektory a lasery, případně další průzkumné senzory. Na konci bývá vybaveno manipulátorem.



Obrázek 1.2 [Žirafí silueta](http://www.telerob.de)
(www.telerob.de)

Tím se dostáváme od průzkumu k možnosti aktivního zásahu proti nebezpečnému předmětu. Manipulátory jsou různých typů. Mohou to být jednoduché drapáky se dvěma čelistmi, schopné pouze uchopit a přemístit předmět. U drahých specializovaných strojů můžeme najít manipulátory s více rameny a klouby, schopné do určitého stupně nahradit lidskou ruku. Nosnost manipulátorů je různá. V závislosti na velikosti robota se pohybuje řádově od jednoho do několika desítek kilogramů.

Destrukce výbušných systémů je prováděna za pomoci několika druhů rozstřelovačů. Jedná se o vodní rozstřelovače a rozstřelovače za pomoci střelné zbraně – Brokovnice. Detailní vysvětlení destrukce výbušných systémů nalezneme níže v kapitole 1.4.

1.3 Teodor

Je speciální prostředek manipulace bez přímé účasti a ohrožení zasahujícího pyrotechnika. Robot je určen k prvotnímu průzkumu nebezpečného materiálu (možného improvizovaného výbušného systému) ve volných prostorech, budovách, pod dopravními prostředky apod. nebo ke zřízení přístupu do uzavřených prostorů. Je vybaven dálkovým ovládáním s videokamerou, rentgenovým zařízením k prohlížení nebezpečného nebo podezřelého předmětu, hydraulickým ramenem k manipulaci s nebezpečným materiálem, rozstřelovacím zařízením k ničení nástražných výbušných systémů, zmrazovacím zařízením k zamezení přechodu iniciačního impulzu od roznětného prvku k výbušnině. Pomocí přídatných přístrojů a zařízení může robot řezat plech, vrtat otvory ve zdi, rozbít okno a odtáhnout vozidlo. Robot Teodor je ve výzbroji AČR od března roku 2005 a je zachycen na obrázku 1. 3



Obrázek 1.3 [Teodor](http://www.army-technology.com)
(www.army-technology.com)

Technické data Teodora:

- Délka: 1300 mm
- Šířka: 680 mm
- Výška:
- KM30 rozložený: 1100 mm
- KM30 čelist vertikálně/horizontálně: 4800/2400 mm
- Vlastní hmotnost s manipulátorem a bateriemi: 360 kg
- Rychlost (plynule proměnná): 0 – 50m/min.
- Schopnost jízdy do stoupání po schodišti s max. zatížením: 32°
- Nejmenší poloměr otáčení: 1460 mm
- Max. nosnost (bez manipulátoru): 500 mm
- Robot je vybaven širokým spektrem užitečného vybavení jako detektor kovu, rentgen, kamerový systém s nočním viděním, polohovací rukojetí, na niž jsou

uloženy nezbytné zbraně, o kterých zde bude hlavní řeč. Další pomůcky jsou k vidění níže na obrázku 1.4 a celkovou vybavenost nalezneme v příloze....

Zbraňové systémy jsou zde dvojího druhu, vodní rozstřelovač (obrázek 1.5) a brokovnice (obrázek 1.6). Tyto typy rozstřelovačů jsou používány u obou zmiňovaných robotů od firmy Telerob (www.telerob.de) Podrobnou analýzu rozstřelovačů nalezneme v následující kapitole 1.4.

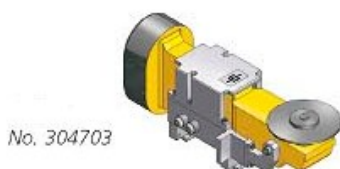


Obrázek 1.4 [Vodní rozstřelovač od firmy telerob](http://www.telerob.de)
(www.telerob.de)



Obrázek 1.5 [Brokovnice M4 super 90](http://www.telerob.de)
(www.telerob.de)

Robot Teodor jako ojedinělý svého typu, s sebou nese zásobník pro nástroje, které si díky svému efektoru může kdykoliv měnit dle potřeby použití, a to i během akce. Na obrázku 1.6 a 1.7 můžeme vidět příklad nástrojů.

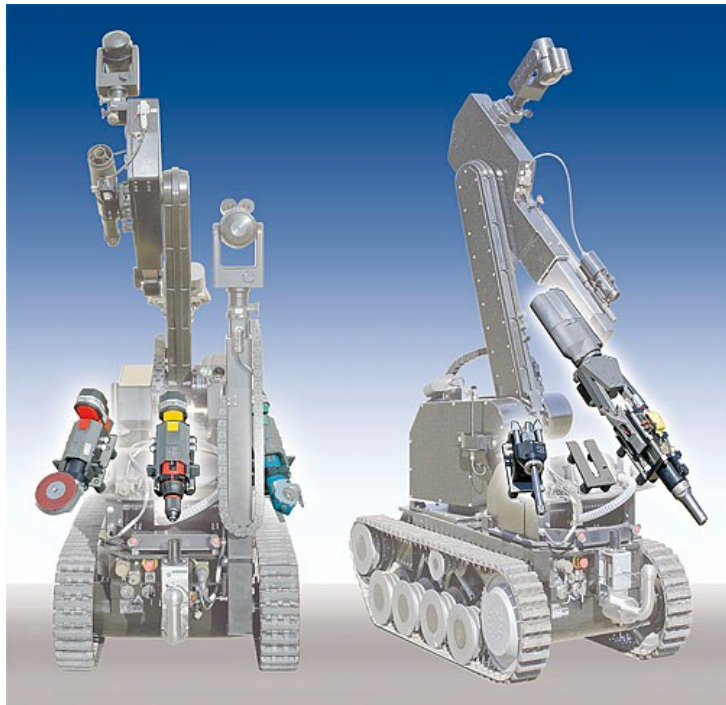


Obrázek 1.6 [Bruska](http://www.telerob.de)
(www.telerob.de)



Obrázek 1.7 [Rychlo-řezná pila](http://www.telerob.de)
(www.telerob.de)

Nástroje jsou velmi výhodnou vlastností robotu, dokáže díky nim překonat širokou škálu překážek, například otevřít dveře, rozříznout sklo, odtáhnout automobil a jiné, jak je zřejmé na obrázku 1.8.



Obrázek 1.8 [Zásobník nářadí](http://www.telerob.de)
(www.telerob.de)

Robot Teodor je velice universální robot a to pro použití civilní obrany (městech, budovách) i prostředí vojenské (nesnadný terén) a to díky řešení podvozku, díky svým pásům je schopen překonat schodiště, tudíž se skvěle hodí pro operování v budovách, kde kromě možného výbuchu nastražené výbušniny může hrozit i jiné nebezpečí, například možný útok pachatele.

1.4 Destrukce výbušných systémů

Destrukce výbušných systémů je prováděna za pomoci několika druhů rozstřelovačů. Jedná se o vodní rozstřelovače lišící se tlakovou silou a průměrem vodního paprsku spolu se svým příslušenstvím a technickými vlastnostmi jako je jeho velikost, hmotnost a účinnost. Dalším druhem je rozstřelovač za pomoci brokovnice. Obě varianty jsou používány k destrukci výbušných systému u tohoto typu robotu. Rozstřelovače jsou určeny pro zneškodnění výbušniny ukryté například v krabici, nebo jiného typu maskování (obalu), kdy je nebezpečné výbušninu z obalu vyndávat a je nutné rychle jednat. Dle vlastností robotu a jeho příslušenství se analyzuje typ výbušniny a mechanismus, jež ji spíná. Rozstřelovače útočí na jemnou mechaniku spouštěcího mechanismu výbušniny a to z bezprostřední vzdálenosti. Výstřel z rozstřelovače vyvolá obrovskou ničivou sílu, která zneškodní spouštěcí mechanismu dříve, než stihne vyvolat impuls pro detonaci. Výbušnina je tak na místě zneškodněna a její zbylé části jsou následně zabezpečeny do přepravního boxu a odvezeny do bezpečné zóny, kde se o ně již postarají odborní pyrotechnici.

Tato metoda se používá v nejnutnějších případech okamžitého zásahu a to přímo na místě zásahu a to teprve v okamžiku, kdy je zóna bezpečná a všichni civilisté jsou evakuováni.

Výbušný systém

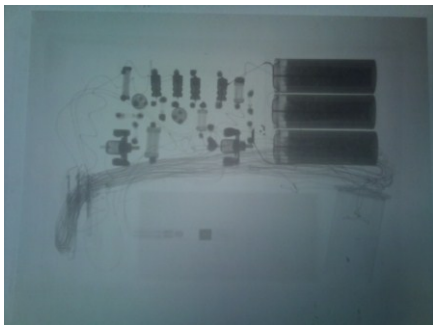
Pod pojmem výbušný systém je ukryto velké množství možností, jak by mohl tento nebezpečný objekt vypadat. Lze jej charakterizovat jako spojení trhaviny spolu s elektronickou částí, která ovládá výbuch a to vše je uschováno v co nejméně nápadné podobě.



*Obrázek 1.9 Výbušný systém
(foto autor)*

Výbušné systémy bývají často ukryté v kufru viz obrázek 1.9, krabicích a jiných nádobách. Je velmi nebezpečné s nimi manipulovat a pokoušet se do nich nahlédnout. Aby se předešlo tomuto nebezpečí, používá se rentgenu.

Rentgen dokonale odhalí veškeré části ukrývající se uvnitř výbušného systému a dávají tak pyrotechnikovi značnou výhodu, který na základě tohoto snímku rozhodne, jakou metodou se bude postupovat při jeho zneškodnění. V současné době je rentgen vybaven téměř každý robot pyrotechnik, jako je například již zmiňovaný robot Teodor viz obrázek 1.3.



*Obrázek 1.10 rentgenový snímek
výbušného systému
(foto autor)*



*Obrázek 1.11 Detail rentgenového
snímku výbušného systému
(foto autor)*

Dle pyrotechniků se na základě rentgenových snímků střílí do míst s trhavinou, kde je umístěna roznětka, anebo do míst, kde má výbušný systém energetický zdroj. Při použití jakékoliv varianty zbraně určené pro destrukci těchto nebezpečných a nástražných výbušných systému, je při výstřelu vyvinuta tak velká obrovská síla, že je výbušný systém zničen dříve, než stačí přenést jiskru pro vyvolání exploze.



*Obrázek 1.12 získané materiály
(foto autor)*

*Materiály a cenné informace poskytl odborný pyrotechnik
pan Ing. Stanislav Lichorobiec - Pyrotechnická služba- Izrael*

Nyní si jednotlivé varianty popíšeme a navzájem srovnáme.

Vodní rozstřelovač a jeho historie vzniku

Změny v politické situaci, ke kterým docházelo v Evropě na konci 80. a v průběhu 90. let, provázené odstraněním železné opony a projevů studené války, se projeví i při vytváření nové struktury obranných systémů jednotlivých zemí. Z množství munice, včetně raket nejrůznějšího typu, až po mezikontinentální rakety SS-24 se najednou stala hromada nepotřebného šrotu. Šrotu sice nepotřebného, ale obsahem svých explozivních materiálů a pyrotechnických složek zároveň i materiálu krajně nebezpečného. Úkol, který tak vyvstal řadě zemí a Československo a posléze Česká republika mezi ně patřily poměrně významně, bylo zlikvidovat zásoby nepotřebné munice. Způsobů, jak vlastní municí likvidovat je celá řada. Nejjednodušší je nabídnout ji, třeba i zdarma, někomu jinému, což přijde i nejlevněji. Munice se dá i spalovat nebo ničit výbuchem, lze ji ale i delaborovat a některé komponenty nadále využít. Ne u každého druhu munice, ať již jde o pozemní a leteckou municí, miny, ženijní a pyrotechnický materiál či další komodity jsou všechny tyto způsoby likvidace stejně efektivní, nehledě na existenci munice, ke které není k dispozici ani podrobná technická dokumentace. I pro samotnou delaboraci se dá použít vícero metod. Jednou z těch, která se pro rozřezávání munice, a zvláště pak munice většího kalibru jeví i jako nejbezpečnější, je řezání vodním paprskem. Obecně se o této metodě a jejím využití v civilním sektoru napsalo už dost stránek a i u nás ji využívá už řada podniků. V této souvislosti stačí jen připomenout, že efektivního výsledku řezání se zde dosahuje kombinací tlaku vodního paprsku a

určitého abraziva, většinou drceného přírodního granátu. Vlastní vodní paprsek po výstupu z trysky má průměr přibližně 0,1 mm, po nasátí abraziva se průměr zvětší na 1 mm. Paprsek se pohybuje rychlostí přibližně dvojnásobku rychlosti šíření zvuku. Na využití tohoto způsobu řezání i při delaboraci munice se zaměřila zvláště firma ANT Applied New Technologies AG. Podle jejich zkušeností je možné tímto způsobem řezat vysokopevnostní oceli až asi do tloušťky 25 cm, případně armovaný beton až do metrové tloušťky. Protože při zneškodňování a rozřezání munice se často jedná také o likvidaci různé nevybuchlé munice, ať ještě z doby 2. světové války, různých současných cvičišť nebo i míst, kde ještě dnes probíhají místní ozbrojené spory, vyvinula ANT pro tyto terénní práce navíc způsob



Obrázek 1.13 [Detail řezání vodním paprskem](#)
(www.mmspektrum.com)

kombinace technologie řezání s naváděním dálkově řízeným robotem. Tady se osvědčil pásový robot Teodor s přehledovou kamerou od firmy Telerob, vybavený navíc i rentgenovým kontrolním systémem munice.

Asi tou nejprestižnější referencí pro ANT a její způsob řezání munice vodním paprskem je uzavřená dohoda s Ukrajinou START-I na rozřezání mezikontinentálních raket SS-19 a SS-24 a dodávky kompletních systémů řezání pro Las Vegas Fire & Rescue Bomb Squaw. Není jistě bez zajímavosti, že obdobnou metodu řezání vodním



Obrázek 1.14 [Vyvíječ tlakového vodního paprsku u robotu Teodora](#)
(www.mmspektrum.com)

paprskem studoval ke stejným účelům i náš výrobce vysokotlakých vodních řezacích systémů firma PTV - Trading Hostivice společně s Vojenským technickým ústavem výzbroje a munice Slavičín, který je jedním z pěti likvidátorů naší nepotřebné munice.

O vysvětlení funkce a vlastností vodního děla jsem se obrátil na Českou zbrojovku v Uherském brodě, která mi zaslala následující článek o jejich vývoji a funkci vodního děla zvané Tarantule.

Prototyp vodního děla z České zbrojovky v Uherském brodě

Uh. Brod Česká zbrojovka - Pojem vodní dělo se u nás dostal do podvědomí zejména z předlistopadových časů, kdy byla voda využívána policií k rozhánění demonstrantů. Trochu jiná vodní děla, jejichž princip spočívá ve využití vysoké kinetické energie usměrněného vodního paprsku, se běžně ve světě vyrábějí ve Spojených státech, v Kanadě, v Evropě pak ve Švýcarsku a Francii. Koncem roku 1997 spatřilo světlo světa i šest prototypů přenosných vodních děl v uherskobrodské České zbrojovce, určených pro potřeby policie. Obchodní název Tarantule nese dělo, které slouží k zneškodňování nástražných výbušných systémů. Na vývoji Tarantule se podepsal konstrukční tým firmy Fortel z Prahy pod vedením Jiřího Tůmy.

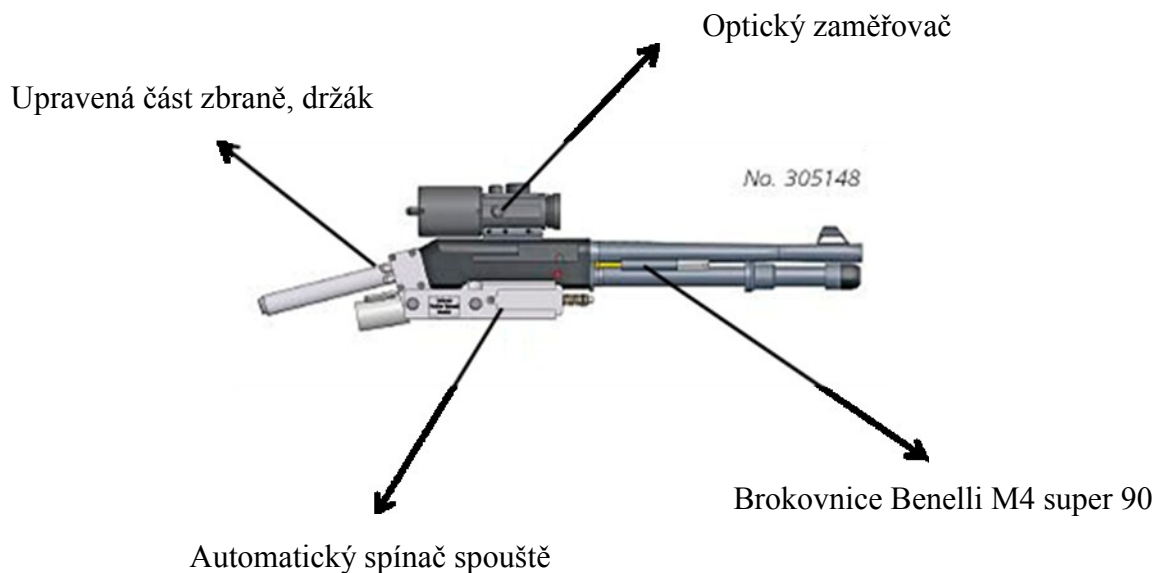
Do hlavně Tarantuly se vejde sedmdesát gramů vody, která je v okamžiku výstřelu vypouštěna rychlostí 3.500 metrů za vteřinu. Voda se pak chová jako vodní oštěp a její energie se v místě dopadu na překážku změni na teplo, kdy dojde k odpaření vody a následné kondenzaci, kdy miniaturní kapičky zasažený cíl doslova roztrhnou. Roztrhnou i nálož semtexu (dalšího českého unikátu) i s odjištěným časovým rozněcovačem, neboť voda všechno roztrhá dříve, než stačí spínač přenést jiskru.

Oproti jiným obdobným výrobkům má Tarantule vyšší výkon. Zatímco u ostatních je třeba hlaveň přiložit až téměř k cíli, Tarantule je účinná až ze sedmi metrů. Nevýhodou vodních rozstřelovačů je možnost pouze jednoho výstřelu. O možnosti zásobníku zatím není známo. Nábojem je zde tedy voda, která svou energii však nabírá podobně jako brokovnice, či jiné střelné zbraně a to zejména prachovou náplní, podobně jako u standardní munice. Exploze dodá potřebnou energii pro opuštění vodního paprsku z hlavně vodního rozstřelovače a to s obrovskou ničivou silou.

Poděkování České zbrojovce za zaslání informace

Rozstřelovač pomocí brokovnice

Pro destrukci výbušných systémů pomocí brokovnice je možnost využívat různých typů brokovnic, jedinou podmínkou je zachovat ráži brokovnice, která musí odpovídat průměru používané munice a to je 12 mm. Výrobci, jež se zabývá výrobou brokovnic tohoto typu je na trhu obrovská škála. Brokovnice používané pro destrukci výbušných systémů bývají upevněny v zařízení, které tlumí zpětný ráz při výstřelu (viz obrázek 1.17) a v tomto zařízení jsou montovány na příslušný servisní robot spolu s dalším příslušenstvím, jako je kamerový systém, zaměřovače, spouštěcí mechanismus a jiné. Brokovnice bývají v zařízení upravené, to kvůli minimalizaci rozměrů a snížení hmotnosti. Nevýhodou však je, že pokud se brokovnice zasekne, nebo jinak poškodí při akci, pyrotechnici musí použít brokovnici novou a to stejného typu, není možnost připevnění brokovnice s pažbou, popřípadě jiného typu a tím by při akci mohl nastat vážný problém. U brokovnice je velkou výhodou zásobník, do kterého se vmístí až 8 nábojů a díky poloautomatické brokovnici, pokud byla zvolena, je možnost zneškodnit více cílů. Brokovnice se při každém výstřelu sama nabije, na rozdíl od vodního rozstřelovače. Tato metoda použití je obdobná jako metoda vodního rozstřelovače, střílí se z bezprostřední blízkosti na cíl (výbušný systém), výhodou je, že stejnou municí, jež se používá na výbušné systémy lze otvírat i zámky dveří, což robotu usnadní práci a přidá čas, nemusí měnit ze zásobníku (obrázek 1.8) nářadí do efektoru ramene nástroj pro otvírání dveří, ale jednoduše zámek ustřelí, díky poměrně velkému zásobníku munice mu zbývá ještě dostatek střeliva pro splnění úkolu.



Obrázek 1.15 popis [Brokovnice M4 super 90](http://www.telerob.de)
(www.telerob.de)

Na obrázku 1.15 je popis mechanismu od společnosti Telerob, použita byla poloautomatická brokovnice Benelli M4 super 90, která je posledním modelem uvedeným na trh. Toto zařízení je dále upevněno na kamerový systém a konstrukci s tlumiči, která je připevněna k ramenu robotu, jak je zřejmé na obrázku 1.16 a 1.17.



Zařízení pro destrukci
výbušných systémů



Obrázek 1.17 [Detail zařízení z jiného pohledu](#)
(www.telerob.de)

Obrázek 1.16 [Robot Teodor s rozstřelovačem za pomoci
brokovnice společnost Telerob](#)
(www.telerob.de)

Munice pro destrukci výbušných systémů

S-Ball Plastic je kovový váleček obalený plastem zasunutý v náboji, který se po vystřelení vytrhne z plastu a letí dál, při zásahu má obrovskou ničivou sílu. Náboje pro policisty, které byly vyvinuty z náboje S-Ball se používají nejčastěji na vyrážení zámků na dveřích a ve speciálních případech ojediněle pro destrukci výbušnin.

Brenecken je velice dlouhý a nesmírně těžký kovový váleček, který má vroubkování. Po několika výstřelech s Breneckenem má člověk fialové rameno (méně často používané).

Trap 28 Super Tento typ munice dodal zařízení pro destrukci výbušných systémů nový rozměr. Je schopen svou ničivou silou zneškodnit elektroinstalace ve výbušninách a k tomu si bez jakýchkoliv problémů poradí s otevřením zamčených dveří. Jeho průraznost je obrovská, avšak pouze na velmi malou vzdálenost.



Obrázek 1.18 [Trap 28 Super](http://www.sellier-bellot.cz)
(www.sellier-bellot.cz)

Technické specifikace munice:

Trap 28 Super (chránič broků, průměr broku 2,4 mm, 28 gramů, uzavírka do hvězdice, prach S030-SE-6/08 od firmy Explosia, w = 1,60 g)

Výrobce munice: www.sellier-bellot.cz

Výrobce prachu: www.explosia.cz/

Nutno však dodat, aby brokovnice plnila svou funkci poloautomatického nabíjení, je nutno použít verzi munice magnum, která je obdobná, avšak lišící se kvantitou střelného prachu, kterého je v náboji mnohem více a tím dodá ještě větší energii jak pro výstřel, tak pro její další nabití. Poloautomatické nabíjení brokovnice se chová vždy jinak a to v závislosti na držení zbraně, zda ji drží člověk, jenž je pro ni pružný, nebo stroj ve kterém má brokovnice přesně nastavenou dráhu pohybu po výstřelu.

Rozstřelovač pomocí speciální brokovnice

Jedná se o jednoduchou jednorannou zbraň, která lze charakterizovat jako hlaveň se zásobníkem na jednu patronu. Její výroba je velmi jednoduchá a bývá instalována na přední část rameno robotu a to přímo na efektor. Můžeme se setkat s názvem DZ 89.

Municí pro tuto brokovnici je velká nábojka o hmotnosti 350 g nebo menší 175 g. Broky jsou olověné a za patronu s broky je umístěna prachová náplň, která dodává patřičnou energii. Tento typ brokovnice je velmi často používáný speciálními útvary v České republice.



*Obrázek 1.19 Projektil na vylamování zámků
(foto autor)*




*Obrázek 1.20 Velká, malá nábojka, magnum
(foto autor)*

***Poděkování za cenné materiály a informace, které poskytl odborný pyrotechnik
pan Ing. Stanislav Lichorobiec - Pyrotechnická služba- Izrael***

2. Požadavky vedoucího bakalářské práce

Navrhnout zařízení pro destrukci výbušných systémů za pomoci vhodně zvolené zbraně. Zjistit dění při výstřelu, specifikace zvolené zbraně, zvoleného robota. Vypracovat studii vysokotlakého děla, vypracovat přehled výrobců zbraní a jejich ochotou k získání bližších informací a kvality spolupráce s nimi.

2.1 Požadavkový list

Požadavkový list	
Obecné požadavky	
Druh činnosti	Tlumení zpětného rázu
Pracovní prostředí	Různé prostředí při teplotách -20° až 50°
Základní parametry zařízení umístěného na robotickém rameni robota Teodora	
Max délka zařízení	1000 mm
Napájecí napětí	12 - 230 V
Nosnost ramene	max. 10 kg
Tvar ramene	obdélníkový
 <div data-bbox="879 969 1362 1137"> <p>Pozn. Rameno robota nebylo blíže specifikováno a informace o něm a jiných specifikacích nejsou zveřejňovány.</p> </div>	
Požadavky zařízení pro destrukci výbušných systémů ve spolupráci s Teodorem	
Materiál	Ocel, dural... (lehké kovy)
Míření	Docílit maximální přesnosti střelby
Rozměry zařízení	Do 1000 mm
Konstrukce	Jednoduchost, spolehlivost, kompaktnost
Upevnění zařízení	Universálně pojato
Víceúčelnost zařízení	Destrukce více cílů
Destrukce pomocí vhodné zbraně	Samonabíjecí brokovnice

Tab. 2.1

2.2 Požadavky vedoucího bakalářské práce

Navrhnout zařízení pro destrukci výbušných systémů za pomoci vhodně zvolené zbraně. Zjistit dění při výstřelu, specifikace zvolené zbraně, zvoleného robota. Vypracovat studii vysokotlakého děla, vypracovat přehled výrobců zbraní a jejich ochotou k získání bližších informací a kvality spolupráce s nimi.

3. Navržené varianty a jejich srovnání

Při volbě vhodné varianty řešení byla zhodnocena všechna kritéria, výhody a nevýhody zbraňových systémů.

3.1 Varianta 1 - vodní rozstřelovač

Klady:

- Velká ničivá síla při výstřelu
- Zaručená destrukce výbušniny
- Voda jako munice, levnější náklady
- Malá hmotnost



Obrázek 3.1 [Vodní rozstřelovač Telerob](http://www.telerob.de)
(www.telerob.de)

Zápory:

- Zásobník vody pouze na jeden výstřel
- Nutnost střelby z bezprostřední vzdálenosti
- Použití pouze na výbušniny
- Vysoké pořizovací náklady
- Pro údržbu nutnost kvalifikovaného znalce
- Vlivem výstřelu vznik zpětného rázu, jež působí na rameno robotu

3.2 Varianta 2 - rozstřelovač za pomoci poloautomatické brokovnice

Klady:

- Velká ničivá síla při výstřelu
- Možnost volby munice
- Víceúčelnost munice
- Zásobník až na 8 nábojů (i více)
- Samonabíjení díky poloautomatizaci brokovnice
- Střelba z větší vzdálenosti
- Levnější náklady
- Zbraně ve výzbroji české policie i armády
- Policisté i vojáci zbraň dobře znají, dokáží se postarat o její údržbu
- S použitím munice S-ball plastik je možno výstřelem paralyzovat i obrněný cíl



Obrázek 3.2 [Benelli M3T Super 90](http://www.benelli.it)
(www.benelli.it)

Zápory:

- Možnost odrazu broku
- Hluk při výstřelu
- Vlivem výstřelu vznik zpětného rázu, jež působí na rameno robotu

3.3 Varianta 3 - speciální brokovnice typu DZ 89

Klady:

- Velká ničivá síla při výstřelu (více než předchozí varianta)
- Možnost volby munice (350 g, 175 g)
- Umístění přímo na efektoru robotu
- Jednoduchost
- Nízké pořizovací náklady

Zápory:

- Možnost odrazu broku
- Hluk při výstřelu
- Zásobník pouze na jeden výstřel
- Vlivem výstřelu vznik zpětného rázu, jež působí na rameno robotu

3.4 Celkové zhodnocení a výběr optimální varianty typu zbraně

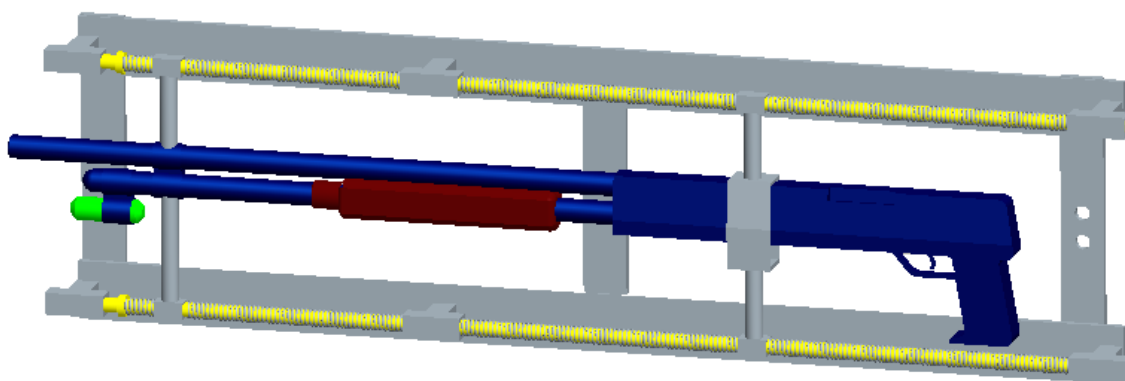
Jako optimální výběr typu zbraně pro danou funkci robotu byla zvolena poloautomatická brokovnice. Oproti vodnímu rozstřelovači je účinnější a to z důvodu zásobníku nábojů. Usnadní robotu čas i práci při vniku do objektů. Při větších potížích může útočit i na ozbrojeného pachatele (při použití munice S-ball, jednotná střela i brokové munice). Obrovskou výhodou je rychlá výměna zbraně při jejím poškození, brokovnice jsou součástí policejní i vojenské výzbroje. Výbušný systém dokáže zneškodnit obdobně jako vodní rozstřelovač. Varianta 3 má zásobník pouze na jeden výstřel, tudíž poloautomatická verze, seč s menší gramáží nábojky získává obrovskou výhodu a je proto zvolena jako optimální.

V následující kapitole je tvorba návrhu řešení zařízení, jež tuto zbraň ponese a bude tlumit zpětné rázy vzniklé při výstřelu, dobrý odvod prázdných nábojnic a bude zastávat funkci míření a kamerového systému.

Upozornění, že navržené varianty jsou jen koncepční schémata vývoje finální varianty, která mají znázorňovat smysl řešení. Z toho důvodu nejsou data jako hmotnost či celkové rozměry přesná. Model brokovnice je orientační odpovídající základním a hlavním rozměrům.

Vypracované varianty rozvoje zařízení, jenž ponese poloautomatickou brokovnici určenou k destrukci výbušných systémů jsou zjednodušené – smysl z nich však vyplývá.

3.5 Varianta A



*Obrázek 3.3 první varianta A
(Pro Engineer)*

Jednoduché řešení rámu konstruovaného pro uchycení přímo na bok ramene robotu.

Tlumení zpětného rázu je zde řešeno pouze pomocí ocelových pružin.

Uchycení brokovnice je pomocí dvou upínek – na hlavní a pažbě zbraně

Mechanismus postrádá kamerový systém k dokonalému míření (spoléhá se na kamerový systém jež je součástí robota a k tomu mu dopomáhá laserové zaměřování umístěné na hlavní brokovnice). Uchycení k rameni robotu je řešeno připevněním přímo pomocí šroubů.

Chybí zde univerzálnost k připojení jiných typů ramen. Jedná se o první myšlenku možného řešení, které by po důkladném zpracování mohlo fungovat.

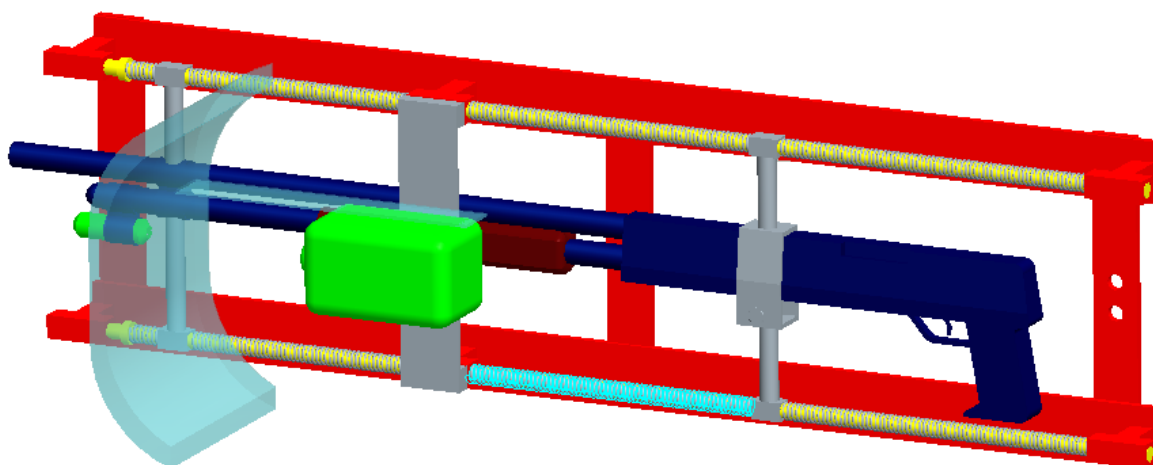
Přednosti

- Jednoduchost
- Konstrukční nenáročnost

Nevýhody

- Nedokonalost tlumení zpětného rázu (pružiny se časem opotřebují a nejsou nastavitelné – pružné)
- Nedostatečné zaměřování
- Příliš velké proporce
- K uchycení na rameno je nutná příprava ramena (vyvrtat díry...)
- Uchycení do upínek – možno vyklouznutí a posunu zbraně

3.6 Varianta B



*Obrázek 3.4 druhá varianta B
(Pro Engineer)*

Tato varianta vychází z varianty A. Jednoduché řešení rámu konstruovaného pro uchycení přímo na bok ramene robotu. Tlumení zpětného rázu je zde řešeno pouze pomocí ocelových pružin. Uchycení brokovnice je pomocí dvou upínek – na hlavní a pažbě zbraně. Mechanismus je vylepšen o kamerový systém pro dokonale přesné zaměřování. Přibyla zde i ochrana z tvrzeného plexiskla, která se stará o ochranu kamerového systému.

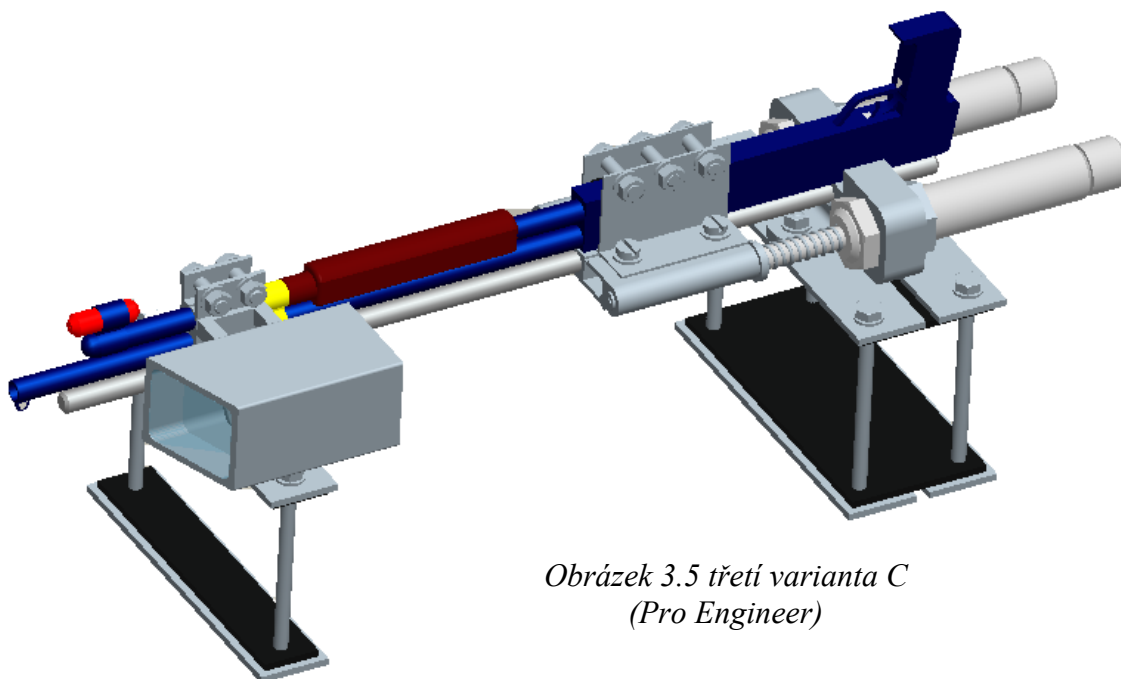
Přednosti

- Jednoduchost
- Konstrukční nenáročnost
- Dokonalejší zaměřování

Nevýhody

- Nedokonalost tlumení zpětného rázu
- Nedostatečné zaměřování
- Příliš velké proporce
- Hmotnost
- Uchycení do upínek – možno vyklouznutí a posunu zbraně
- K uchycení na rameno je nutná příprava ramena (vyvrtat díry...)

3.7 Varianta C



*Obrázek 3.5 třetí varianta C
(Pro Engineer)*

Vychází z nedostatků dvou předchozích variant. Mechanismus je uchycen na bok ramene robotu, ale ne přímo, nýbrž formou upínek. Tlumení zpětného rázu je řešeno jak ocelovými pružinami, tak dvěma hydraulickými tlumiči. Uchycení brokovnice je řešeno dvěma upínkami – na hlavní a pažbě brokovnice, ale mají pevnější stisk a jsou obohaceny gumovými ploškami pro lepší přilnutí (aby nedocházelo k prokluzu). Z konstrukčního hlediska je mechanismus jednoduchý na výrobu a dá se zcela rozložit. Zaměřování je dokonalejší z důvodu umístění digitální kamery na přední část brokovnice – zároveň s hlavní (dokonalejší synchronizace kamerového systému spolu s laserovým zaměřovačem).

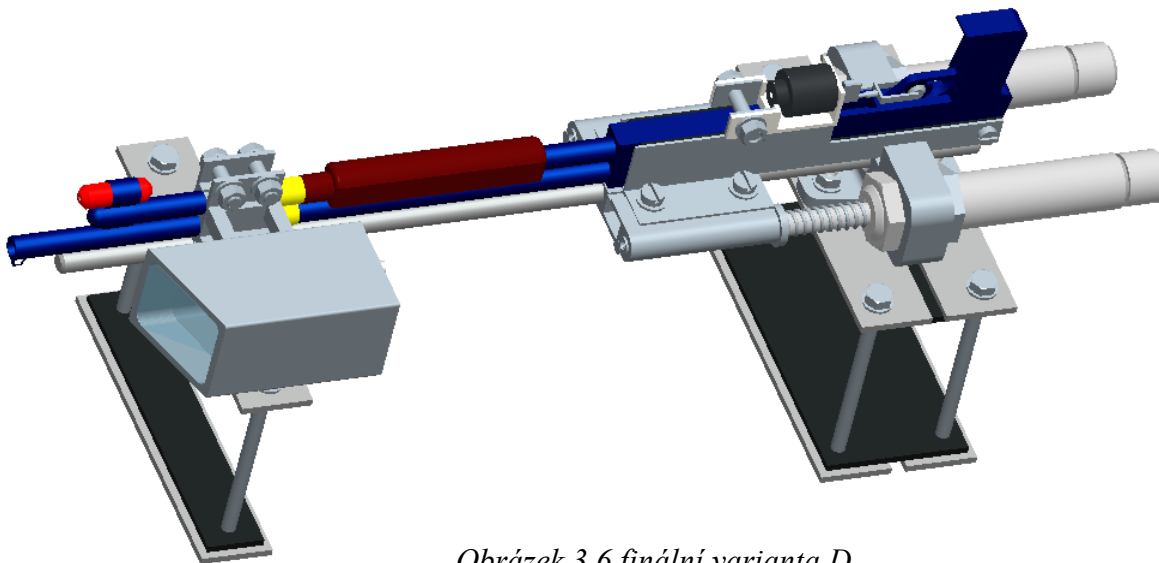
Přednosti

- Jednoduchost
- Konstrukční nenáročnost
- Dokonalost zaměřování
- Nevelké proporce
- Dokonalost tlumení zpětného rázu (pružiny nahrazeny za dva hydraulické
Tlumiče, které jsou pružné, dají se doladit dle potřeby tlumení)
- Sympatický vzhled
- Konstrukční řešení
- Lepší přístup ke zbrani (obsluha zbraně)
- Pevné uchycení zbraně pouze v jednom místě, druhá upínka slouží pouze k vedení směru při zpětném rázu a zpět

Nevýhody

- Uchycení do upínek – možno vyklouznutí a posunu zbraně
- Tyč sloužící k vedení je uchycena pouze jedním čepem, po častém používání by se čep mohl unavit
- Při výměně zbraně nutno povolit příliš mnoho šroubů, při akce by to mohlo znamenat příliš mnoho ztracených minut
- Postrádá automatickou střelbu

3.8 Varianta D – finální



*Obrázek 3.6 finální varianta D
(Pro Engineer)*

Tato varianta je inspirována variantou C, avšak se vyvarovala spoustě konstrukčních nedostatků a také praktických nedostatků v předchozí variantě obsažených. Tyč vedení byla opatřena závitem zašroubovaného do těla zařízení čímž je vedení dokonale pevné, aby nedošlo k vyšroubování je opět použit čep, který zde už ani zdaleka není přetěžován. Uchytení brokovnice je řešeno na dvou bodech. Hlavním bodem je čep a to přímo do brokovnice v zadní části rukojeti. Přední držák se stará pouze o to, aby se hlaveň při výstřelu nezvedala. Díky odstranění většiny šroubů, se čas na výměnu zbraně podstatně snížil a hlavně zjednodušil. Pozůstatek upínky ve střední části mechanismu nyní slouží pouze jako kapsa pro snadné vkládání brokovnice a navíc je k ní připevněn usměrňovač munice pro dokonalý odchod prázdných nábojnic. Díky dvěma svěrákům je možno zařízení připevnit na jakýkoli typ prizmatického ramena, které jsou v praxi při konstrukci servisních robotů nejpoužívanější.

O automatické spínání spouště brokovnice se zde stará elektromagnetický mechanismus, jež je nenáročný na údržbu, provoz a ovládání.

Reálný pohled na model – příloha [11]

Přednosti

- Jednoduchost
- Konstrukční nenáročnost
- Dokonalost zaměřování
- Nevelké proporce
- Dokonalost tlumení zpětného rázu (pružiny nahrazeny za dva hydraulické
Tlumiče, které jsou pružné, dají se doladit dle potřeby tlumení)
- Sympatický vzhled
- Konstrukční řešení
- Lepší přístup ke zbrani (obsluha zbraně)
- Pevné uchycení zbraně pouze v jednom místě a to fixně čepem, druhá upínka
slouží pouze k vedení směru při zpětném rázu a zpět a pro pohodlnou instalaci je
zde pouzdro, které zbrani určuje jednoznačně, jak do mechanismu patří.
- Zvýšená pevnost vedení – menší rázy při výstřelu, větší stabilita mechanismu
- Dálkově ovládaná spoušť pomocí elektromagnetu
- Minimalizace šroubů
- Snížená hmotnost

Nevýhody:

- Oproti ostatním variantám není varianta D nijak znevýhodněna a vychází jako
optimální řešení, jež si ještě ověříme hodnotovou analýzou.

4. Výběr optimální varianty

Na hodnocení jednotlivých variant se v praxi podílí více odborníků z různých profesí, aby bylo rozhodování co nejobektivnější. Pro potřeby bakalářské práce bylo nutné hodnocení variant zjednodušit.

Pro zvolení optimální varianty bylo použito **hodnotové analýzy**. Tato analýza spočívá ve srovnávání jednotlivých kritérií, která jsou volena dle požadavkového listu.

4.1 Zvolení požadovaných kritérií a přiřazení důležitosti

Kriterium		Charakteristika kritéria
K1	Tlumení	Kvalita tlumení zpětného rázu.
K2	Hmotnost	Minimalizace zatížení robotického ramene..
K3	Složitost konstrukce a připojení	Počet prvků, rozměry a nároky na připojení k rameni robotu.
K4	Kvalita míření	Vybavení mířící technikou.
K5	Vyměnitelnost zbraně	Rychlost a náročnost výměny zbraně.

Tab. 4.1

Pro hodnocení variant v jednotlivých kritériích je použita pětibodová stupnice					
Body	0b	1b	2b	3b	4b
Popis	Nevyhovující úroveň	Nízká úroveň	Průměrná úroveň	Dobrá úroveň	Vysoká úroveň

Tab. 4.2

4.2 Určení významnosti kritérií

Přepočet voleb (v) na váhu významnosti (q)

Stupnice vah významnosti od 1,00 do 2.

$$\begin{array}{llll}
 q = f(v) & & & \\
 q = a \cdot v + b & \Rightarrow & 1 = a \cdot 0,5 + (2 - a \cdot 4,5) & \Rightarrow \\
 \Downarrow & & a = \frac{1-2}{0,5-4,5} & b = 1 - a \cdot 0,5 \\
 \underline{q = 0,25 \cdot v + 0,875} & 1 = a \cdot 0,5 + b & a = 0,25 & b = 1 - 0,25 \cdot 0,5 \\
 & 2 = a \cdot 4,5 + b & & b = 0,875
 \end{array}$$

Porovnávání v trojúhelníku párů						
Porovnávané páry kritérií				Počet voleb (v)	Pořadí	Váha významnosti (q)
K1	K1	K1	K1	3	2	1,5
K2	K3	K4	K5			
	K2	K2	K2	0	4	0,875
	K3	K4	K5			
		K3	K3	2	3	1,25
		K4	K5			
			K4	4	1	1,875
			K5	2	3	1,25

Pozn.:

Významnější kritérium je napsáno tučně.

Tab. 4.3

4.3 Hodnocení jednotlivých kritérií variant

Kritérium K1 – Tlumení		
Hmotnost je zásadní vlastností efektoru. Snižuje užitečné zatížení robotu.		Body
Varianta A	Pružiny	1
Varianta B	Pružiny	1
Varianta C	Hydraulické tlumiče a pružiny	4
Varianta D	Hydraulické tlumiče a pružiny	4

Tab. 4.4

Hmotnost		
Hmotnost je optimální do 10 kg		Body
Varianta A	Hmotnost s veškerým příslušenstvím a brokovnicí 7,8 kg	3
Varianta B	Hmotnost s veškerým příslušenstvím a brokovnicí 8,4 kg	2
Varianta C	Hmotnost s veškerým příslušenstvím a brokovnicí 7,45 kg	3
Varianta D	Hmotnost s veškerým příslušenstvím a brokovnicí 7,1 kg	4

Tab. 4.5

Kritérium K3 – Složitost konstrukce a připojení		
Jednoduchost jednotlivých částí, minimální rozměry, uchycení k více druhům ramen, rozebíratelnost připojení		Body
Varianta A	Konstrukce je příliš jednoduchá, připojení neuniversální	2
Varianta B	Konstrukce je příliš jednoduchá, připojení neuniversální	2
Varianta C	Konstrukce je složitější, menší rozměr, universálnost připojení	3
Varianta D	Konstrukce je minimalizována, menší rozměr, universálnost připojení	4

Tab. 4.5

Kritérium K4 – Kvalita míření		
Míření je ideální, když mechanismus zahrnuje mířící prvky a není závislý na robotu		Body
Varianta A	Kamera – robot, laser - mechanismus	2
Varianta B	Kamera – mechanismus, laser - mechanismus	4
Varianta C	Kamera – mechanismus, laser - mechanismus	4
Varianta D	Kamera – mechanismus, laser - mechanismus	4

Tab. 4.6

Kritérium K5 – Vyměnitelnost zbraně		
Velmi důležité kritérium, závisí na něm čas výměny při akci		Body
Varianta A	Nutnost rozebrat větší část mechanismu	2
Varianta B	Shodující se s variantou A, navíc nutnost sundání kamery	1
Varianta C	Povolení pěti šroubů, vysunutí z upínek	3
Varianta D	Povolení tří šroubů a odejmutí samospouště	4

Tab. 4.7

4.4 Výpočty celkových indexů variant

Ve výše uvedených tab. 4.4 až 4.8 byly jednotlivým variantám přidělené body. Tyto body jsou v tab. 4.8 vynásobené váhou významnosti (určení vah významnosti pro jednotlivá kritéria, viz tab. 4.3) a je proveden celkový součet vážených indexů, který určil nejvýhodnější variantu.

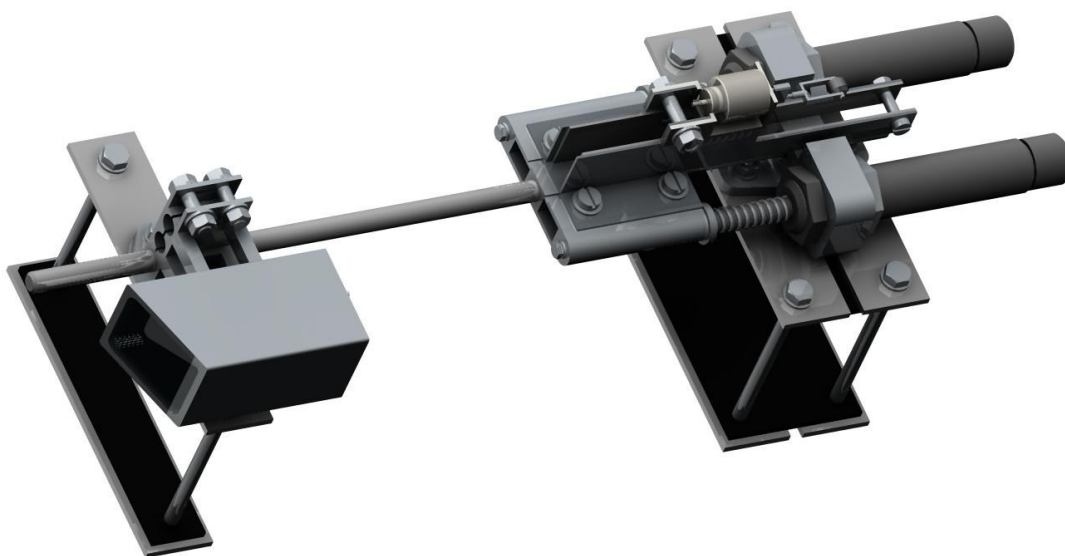
Porovnání jednotlivých variant									
Kritérium	Váha významnosti kritéria (q)	Varianta A		Varianta B		Varianta C		Varianta D	
		b.	Vážený index	b.	Vážený index	.	Vážený index	b.	Vážený index
K1	1,5	1	1,5	1	1,5	4	6	4	6
K2	0,875	3	2,625	2	1,75	3	2,625	4	3,5
K3	1,25	2	2,5	2	2,5	3	3,75	4	5
K4	1,875	2	3,75	4	7,5	4	7,5	4	7,5
K5	1,25	2	2,5	1	1,25	3	3,75	4	5
Celkový součet vážených indexů			12,875		14,5		17,125		21

Tab. 4.8

Pozn.: „b.“ jsou body přidělené jednotlivým variantám.

4.5 Zhodnocení výběru variant

Z hodnotové analýzy vyšla, jako optimální varianta - varianta D. Důvodů je několik: Přesné míření pomocí laserového zaměřovače a kvalitní videokamery. Další důvod byl univerzální připnutí k jakémukoliv prizmatickému typu ramene a dále díky tlumení zpětného rázu díky hydraulickým tlumičům. Konstrukce je robustní a celokovová, tudíž by měla hravě obstát i v případě napadení robotu, volba samonabíjecí poloautomatické brokovnice pro možné zneškodnění více cílů bez ztráty času neustálým dobíjením.



*Obrázek 3.7 Varianta D bez brokovnice
(Pro Engineer)*

5. Konstrukce zařízení (mechanismu)

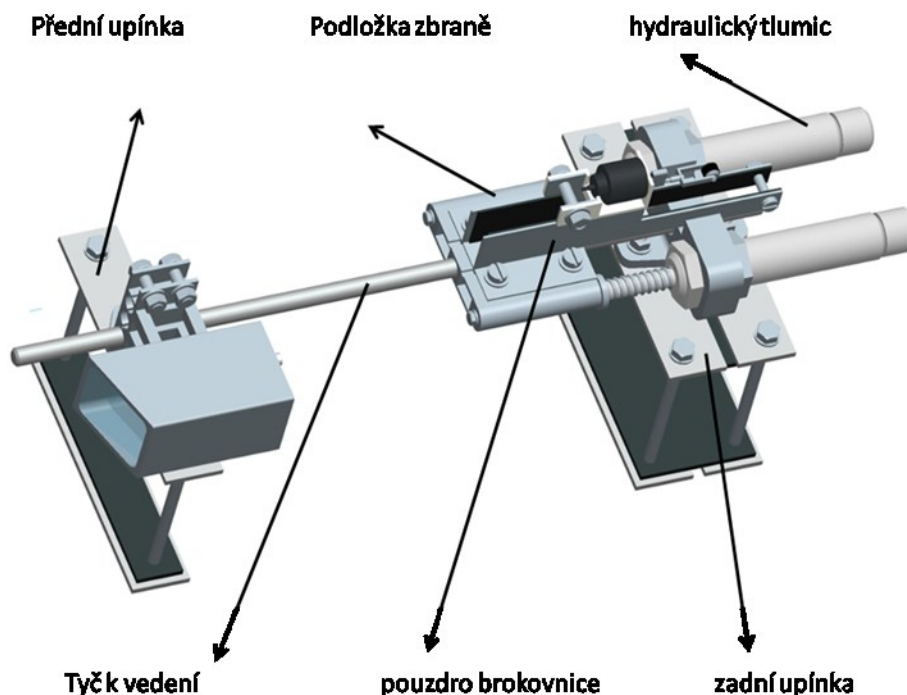
Zařízení slouží k nesení střelné zbraně – brokovnice s víceúčelovým použitím, která bude zneškodňovat výbušné systémy. Zařízení nese vše potřebné k přesnému zásahu.

5.1 Funkce zařízení (mechanismu)

Robot přijede k podezřelému balíčku, jenž je označen za nebezpečný. Díky svým vlastnostem je schopen zjistit co je uvnitř. Pomocí kamery přesně najede ramenem s mechanismem do potřebné polohy pro výstřel – cca 10 cm od podezřelého objektu. Pomocí laserového zaměřování umístěného na brokovnici střelec přesně na obrazovce vidí, do jakého místa střílí. Po té už stačí jen zmáčknout tlačítko a elektromagnetický mechanismus se postará o výstřel.

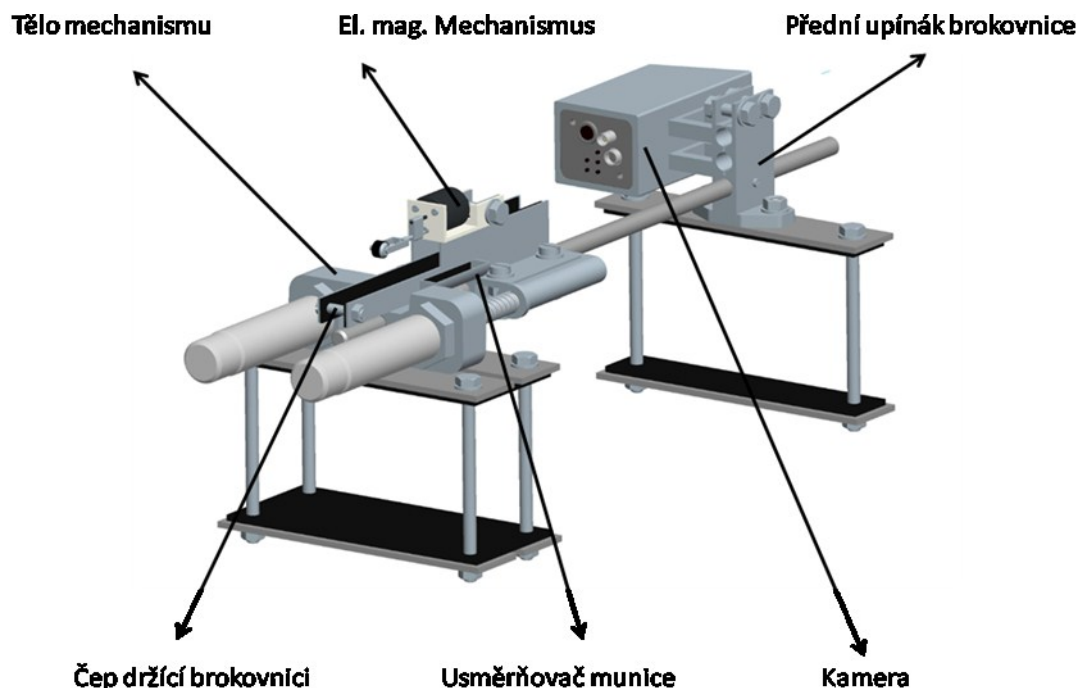
Základní složení:

- Mechanismus tlumící zpětný ráz při výstřelu
- Mechanismus pro dálkové ovládání spouště zbraně
- Mechanismus pro upnutí zařízení k rameni robotu
- Mechanismus pro upnutí zařízení k brokovnici
- Brokovnice
- Kamera
- Laserové zaměřování



*Obrázek 5.1 finální varianta D bez brokovnice
(Pro Engineer)*

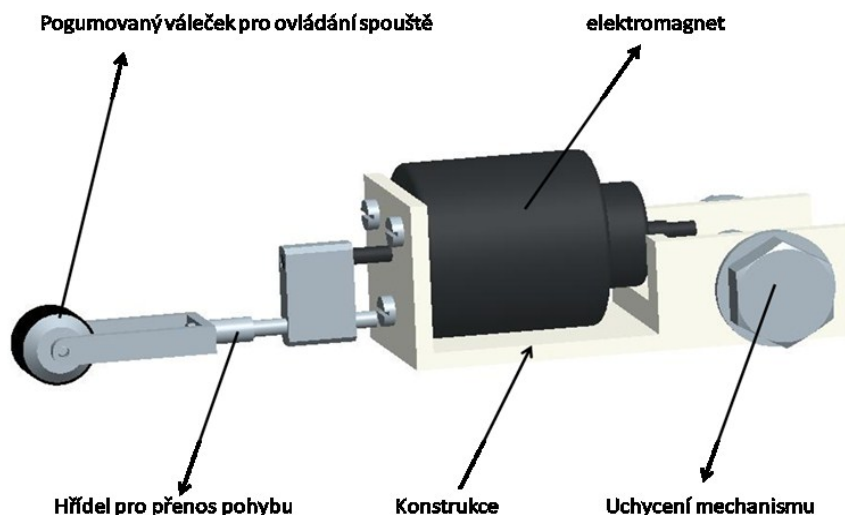
Mechanismus je složen z nehybného těla, do kterého jsou vloženy dva hydraulické tlumiče. Tyto tlumiče jsou zašroubovány dvěma maticemi pevně k tělu. K tělu jsou dále připevněny upínky sloužící k připevnění zařízení k ramenu robota. Rozměry upínek jsou pouze orientační, rameno robota nebylo definováno. Na hydraulické tlumiče jsou přišroubovány dvě speciální hřídele se závity, jež slouží pro uchycení podložky zbraně, jež je jednou z hlavních částí zařízení. K podložce je totiž čtyřmi šrouby M10 přišroubováno pouzdro brokovnice. Na jeho vnitřních stranách je přilepena pryžová vystýlka pro zvýšení tření. K tomuto držáku je také přichycen elektromagnetický mechanismus – viz obr. níže. Na přední upínce je přední držák zbraně, který zachycuje síly při výstřelu působící vzhůru. Předním držákem zbraně prochází vedení, které prochází podložkou zbraně a je zašroubováno do těla mechanismu. Vedení slouží k převodu všech působících sil vzniklých při výstřelu do jedné osy. K přednímu držáku zbraně je připevněna krytka na kameru s tvrzeným plexi sklem. Na vedení brokovnice je umístěn usměrňovač nábojnic tak, aby nedocházelo k možnému zaseknutí nábojnice v mechanismu tlumícího zpětný ráz. Materiál pro konstruování jsem volil dural, kvůli nízké hmotnosti a dobrým pevnostním vlastnostem.



*Obrázek 5.2 finální varianta D bez brokovnice –
pohled zadní
(Pro Engineer)*

5.2 Elektromagnetický mechanismus

Elektromagnetický mechanismus slouží ke spínání spouště zbraně. Je složen z elektromagnetu typu MEVS 032. V okamžiku kdy se elektromagnet sepne, dodá impuls destičce obdélníkového tvaru k přímočarému pohybu. Do této destičky je našroubován hřídel, který na vidličce nese váleček taktéž s gumovou pryží přilepené po jeho odvalovací ploše. Tento váleček je opřen o spoušť brokovnice a tak vznikne výstřel. Zbraň je poloautomatická, sama se nabíjí, tudíž můžeme vystřelit až sedmkrát za sebou. Elektromagnet bude připojen k napájení robotu.



Obrázek 5.3 Elektromagnetický mechanismus
(Pro Engineer)

Použití:

- K ovládání různých mechanismů a zařízení s přímočarým pohybem
- Vyrábí se pro napětí DC 24 V
- Elektromagnet odpovídá PN 35 3632, DIN VDE 0580

Specifikace a rozměry viz příloha [5]

5.3 Tlumiče zpětného rázu

Tlumiče zpětného rázu jsem volil od firmy Festo, jsou pružné a mají širokou škálu tlumičů. www.festo.cz

Zdvih tlumičů je pružný, dá se nastavit dle potřeby. Při navrhování byl zdvih odhadnut dle stávajícího zařízení a to na maximum 60 mm, při konstrukci je jej možno zvýšit prodloužením hřídelí uložených v podložce zbraně. Aby byl zdvih optimální, je nutno provést pokus v laboratoři a zjistit jaká je ideální vzdálenost při výstřelu a jaká je skutečná hodnota zpětného rázu při výstřelu.

Specifikace tlumiče zpětného rázu [6] list 1

Specifikace tlumiče zpětného rázu [6] list 2

6. Výběr vhodné brokovnice

Stávající zařízení na robotech v kapitole 1 prošlo za velmi krátkou dobu renovací a to v brokovnici. Z původně používané upravené brokovnice Benelli M3T super 90 na novější typ Benelli M4 super 90, která je oproti modelu M3 vylepšena o moderní nádech a rukojeť s pažbou byla upravena pro pohodlnější manévrování se zbraní. Oproti staršímu modelu M3 se však zvýšila hmotnost a rozměry, celé zařízení bylo obměněno za nový spouštěcí mechanismus a míření. Na obrázku 6.1 níže můžeme vidět původní upravenou brokovnici Benelli řady M3 se zaměřovačem a automatickou spouští.



Obrázek 6.1 [upravená Benelli M3T Super 90](http://www.telerob.de)
(www.telerob.de)

Brokovnice Benelli M3T Super 90

Brokovnice na obrázku 1.12, jež má ve výzbroji robot Teodor je upravená, což znamená, že její rám je přizpůsoben k uchycení rameni robotu. Brokovnice je poloautomatická ale bohužel má zásobník jen na pár ran. Díky úpravě brokovnice dostává zařízení menší rozměry i hmotnost, ale prakticky by mohl nastat problém a to v případě zaseknutí zbraně či její jiné poškození. Úprava brokovnice je v dnešní době velmi nákladná – práce dělaná na zakázku a s ní spojen i servis. Proto při navrhování zařízení opouštím od úprav a používám to, co máme doma – Samonabíjecí brokovnice Benelli M3T Super 90 ráže 12/76 obr. 6.2.



*Obrázek 6.2 Benelli M3T Super 90 se sklopenou ramenní
opěrkou
(katalog [11])*

Historie firmy Benelli a vznik M3T Super 90

Italská firma Benelli sídlící ve městě Urbino zahájila produkci palných zbraní v malých sériích v roce 1920. Kromě toho vyráběla také motocykly, nářadí, nástroje a strojní zařízení. Pouze na produkci palných zbraní se zaměřila až od roku 1975. V současné době vyrábí vedle pistolí i širokou řadu samonabíjecích brokovnic, z nichž se v ozbrojených sborech používá zejména typ M3T Super 90. Samonabíjecí brokovnice Benelli M3T Super 90 je taktická brokovnice ráže 12 až do délky náboje 76 mm s mechanickými mířidly a ramenní opěrkou sklopnou ve vertikální rovině. Podávání nábojů je realizováno z pevného tubicového zásobníku umístěného pod hlavní, který má kapacitu 6 nebo 7 nábojů – podle délky nábojnice. Hlaveň je pevně uchycena v pouzdru závěru. Brokovnice může pracovat ve dvou režimech. Samonabíjecí režim s uzamčeným závěrem využívá k pohonu energii zpětného rázu. K pohonu automatiky zbraně je využit hmotný nosič závorníku, v jehož dutině je uložen otočný závorník se dvěma uzamykacími ozuby. V závislosti na zvoleném režimu střelby systém působí na vratnou pružinu tak, aby jí umožnil akumulovat energii zpětného rázu. U modelu M3T Super 90 lze jednoduše změnit samonabíjecí funkci zbraně na opakovací a naopak. Ke změně režimu stačí pootočit ovládací prvek v přední části o čtvrt otáčky. Tím dojde ke spojení pohyblivého mechanismu se závěrem, který je pak ovládán posuvným pohybem předpažbí. Konstruktivním prvkem sdružujícím ostatní základní funkční části v jeden celek je pouzdro závěru. V přední části tohoto pouzdra je prostřednictvím dosedací části s výstupkem, který jednoznačně vymezuje hloubku a polohu, usazena hlaveň. Ta má hladký vývrt a je vyrobena rotačním kováním za studena. Ve druhé třetině délky hlavně je objímka

sloužící k uchycení hlavně, které je realizováno našroubováním a dotažením šroubovacího víčka. Objímkou prochází trubicový zásobník. Hlavními částmi závěru jsou nosič závorníku, závorník, úderník, zpětnorázová pružina a řídicí čep závorníku. Nosič závorníku tvoří masivní ocelový blok, jehož hmotnost je volena s ohledem na správnou funkci samonabíjecího mechanismu zbraně. Závorník má tvar válce a jeho hlava je opatřena dvěma uzamykacími ozuby. V horní části těla závorníku je nasazen řídicí čep závorníku, který je prostřednictvím otvoru v dolní části zajištěn úderníkem. Hlavním konstrukčním uzlem spoušťového mechanismu je pouzdro, které spojuje všechny funkční části v jeden vyjímatelný celek vložený do pouzdra závěru a zajištěný příčným kolíkem. Na základně tvořící uzavírací díl pouzdra závěru je umístěna plastová pistolová rukojeť se sklopnou ramenní opěrkou.

Základna je k pouzdru závěru připevněna šroubem. S pomocí trubicového zásobníku je s pouzdrem závěru spojena konzola plastového posuvného předpažbí, které slouží k ovládání pohybu závěru. Posuvné předpažbí je společně s válcovou předsuvnou pružinou a vodítkem nasunuto na trubkový zásobník. V přední části posuvného předpažbí je umístěno lůžko, v němž je uložen válcový kroužek s lištou. Ten slouží ke správnému vedení posuvného předpažbí na těle trubicového zásobníku při nabíjení a uložení přepínače režimu střelby, který je opatřen dvěma výraznými hmatníky. Po výstřelu se celá zbraň vlivem energie zpětného rázu pohybuje vzad. Nosič závorníku vlivem své hmotnosti a setrvačnosti zůstává v klidu a tím stlačuje silnou šroubovou zpětnorázovou pružinu, která je uložena mezi ním a nárazníkem. Závorník zůstává uzamčený v zadní části hlavně a obě součásti se spolu s celou zbraní pohybují vzad. Zastavení zpětného rázu zbraně nastává silou odporu ramene střelce. Stlačená zpětnorázová pružina se s využitím na akumulované energie rozeprve a stlačí nosič závorníku směrem vzad. Současně se pohybuje i vodítko posuvného předpažbí, které stlačuje předsuvnou pružinu. Nosič závorníku se pohybuje vzad a pomocí řídicího čepu otočí závorníkem, tím se odemkne nábojová komora. Dalším pohybem závěru vzad dojde k vytažení a vyhození nábojnice a doběhu závěru do zadní polohy. Vlivem energie akumulované v předsuvné pružině se závěr pohybuje vpřed, prostřednictvím podavače zasune náboj do nábojové komory a rotačním pohybem závorníku uzamkne nábojovou komoru. Po stisknutí spouště dojde prostřednictvím spoušťového mechanismu k výstřelu. Při přepnutí brokovnice do pakovacího režimu je k pohonu mechanismu zbraně využito pouze fyzické síly střelce, který manipuluje s posuvným předpažbím směrem k sobě a od sebe. Detail zbraně na obrázku 6.2, 6.3 a 6.4.



*Obrázek 6.3 Benelli M3T Super 90 s rozloženou ramenní opěrkou – pravá strana
(katalog [11])*



*Obrázek 6.4 Benelli M3T Super 90 s rozloženou ramenní opěrkou – levá strana
(katalog [11])*

Hlavní části brokovnice a technické specifikace

- 1) hlaveň s mířidly
- 2) pouzdro závěru
- 3) závěr
- 4) táhlo závěru
- 5) spoušťový mechanismus
- 6) vodítko posuvného předpažbí
- 7) posuvné předpažbí
- 8) pistolová rukojeť
- 9) sklopná ramenní opěrka
- 10) trubkový zásobník

- 11) spojka hlavně a zásobníku
- 12) podložka s okem na uchycení nosného řemenu
- 13) víčko předpažbí



*Obrázek 6.5 Benelli M3T Super 90 – hlavní části
(katalog [11])*

Detail sestavy závěru samonabíjecí brokovnice Benelli M3T Super 90



*Obrázek 6.6 Benelli M3T Super 90 – přepínač mezi opakováním a
samonabíjecím módem
(katalog [11])*

- 1) nosič závorníku
- 2) drápek vytahovače
- 3) závorník
- 4) řídicí šroubová drážka
- 5) řídicí čep závorníku



*Obrázek 6.7 Benelli M3T Super 90 – závěr a jeho části
(katalog [11])*

Technické specifikace

Takticko-technická data samonabíjecí brokovnice Benelli M3T Super 90	
KČM 0018230000004	
Ráže	12/76
Náboj	12/76 Magnum
Hmotnost	3,55 kg
Celková délka zbraně s rozloženou ramenní opěrkou	1 035 mm
Celková délka zbraně se sklopenou ramenní opěrkou	780 mm
Délka hlavně	502 mm
Kapacita trubkového zásobníku	6–7 nábojů v závislosti na délce nábojnice
Počáteční rychlost střely	v závislosti na typu náboje od 390 m/s do 520 m/s

Tab.6.1

Zhodnocení výběru vhodné zbraně

Po zvážení všech možných kritérií, byla zvolena jako ideální zbraň brokovnice Benelli M3T Super 90. Tuto brokovnici používají speciální vojenské i policejní složky ČR i celého světa. Zbraň je opravdu spolehlivá a jednoduchá na obsluhu. Je běžně dostupná i na českém trhu, což už se nedá říct o jejím mladším sourozenci Benelli třídy M4. I přesto, že Benelli M3T super 90 není poslední žhavou novinkou firmy Benelli bylo rozhodnuto pro tuto zbraň a jsem přesvědčen, že je to optimální řešení. Zbraň je konstruována i se sklopnou pažbou ve zkrácené verzi z čehož plyne, že zbraň při výstřelu moc nepocuká, na videu, kde je z ní vystřeleno 6x za sebou člověkem o hmotnosti maximálně 75 kg, neudělal ani jeden krok zpět a cíl neminul. Proto si trůfám říci, že pro robota o hmotnosti větší než 300 kg a s dokonale vyváženým těžištěm (jízda po schodišti) nebude výstřel dělat žádný problém při zpětném rázu. I přes toto předurčení ale budou na konečné fázi držáku zbraně se zpětným rázem počítáno a bude uděláno vše nezbytné pro to, aby mu bylo co nejvíce zabráněno tlumícími prostředky. Ceník Benelli viz příloha [4], katalogy [10].

7. Příslušenství k zařízení (mechanismu)

Použité příslušenství při konstrukci zařízení:

- Kamera
- Laserové zaměřování
- Ochrana kamery
- Tlumiče
- Elektromagnet

7.1 Kamera

EQ-2700 DSP Den/Noc kamera EverFocus s motorzoom objektivem viz obr. 5.4 níže

Cena bez DPH: 12 074 Kč

Cena s DPH: 14 368 Kč

Výrobce: [EverFocus](http://www.everfocus.com)

Expedice: Obvykle do 3 dnů

Záruční doba: 2 roky



Obrázek 7.1 [Kamera](http://www.everfocus.com)
(www.everfocus.com)

Technické parametry viz příloha [7] – specifikace kamera

7.2 Laserové zaměřování

Před samotnou střelbou je nejdůležitější faktor přesné míření, které by se nemohlo obejít bez kamerového systému a laserovému zaměřovači se svítilnou.

Upevnění laserového zaměřovače není složité viz obr. 7.2



*Obrázek 7.2 Laserové zaměřování
(www.hyperinzerce.cz)*

Cena laserových zaměřovačů se pohybuje cca 1000 – 2500 Kč, není problém jej běžně sehnat i na českém trhu a to ve specializovaných prodejnách se zbraněmi a příslušenstvím nebo je možné jej objednat přímo z webu.

Díky laserového zaměřování nebude nutné umístit kamerový systém přesně do hledí brokovnice ale libovolně v přímce zbraně. To proto, že na obrazu z kamery bude jednoznačně vidět červený bod laserového zaměřovače a proto nebude možné se minout. Ulehčí nám to spoustu práce.

7.3 Ochrana kamery

Tyto taktické štíty jsou vyrobeny z vysoce tvrdých a odolných plastů a chrání policisty proti vnějším vlivům způsobených pachateli. 5 cm tloušťka štítu z tohoto materiálu dokáže zastavit kulku vystřelenou z bezprostřední blízkosti, a proto se tento materiál ideálně hodí pro naše použití. Bude podstatně menší a bude mít za úkol chránit příslušenství zbraně i kameru a to proti odraženým brokům, možné explozi a také proti částicím, jež vzniknou při zneškodňování nebezpečného zařízení, které bude třeba eliminovat. V tomto případě nevolím jako štít ocel z důvodu její neprůhlednosti a vysoké hmotnosti.



Obrázek 7.3 [Ochranné plastové sklo](http://www.euro-security.info.com)
(www.euro-security.info.com)

8. Příprava parametrů k nejdůležitějším výpočtům

Největším oříškem pro řešení tohoto úkolu byla správná volba konkrétní munice. V rešerši o nábojích jsem se zmínil o několika typech, jež by se daly použít. Ale já chtěl vědět konkrétně, jakým typem se vlastně střílí. Tak jsem poprosil o pomoc firmu Sellier and Bellot se zastoupením v České republice a ti mi zaslali vzácné informace a dokonce pro mě několikrát vystřelili a poslali veškeré naměřené informace (viz příloha [9] – list 1 a list 3, jež mají k dispozici změřit. Z těchto informací jsem schopen pokračovat ve svém úkolů dále a to výpočtem zpětného rázu brokovnice.

8.1 Akciová společnost Sellier & Bellot

Akciová společnost Sellier & Bellot se v České republice řadí k předním strojírenským firmám. Významné postavení si udržuje i na evropských a zámořských trzích, kam vyváží více než 70% své produkce.

Ve své 181 leté historii prošla tato společnost několika zásadními změnami, ale i v nepříznivých podmínkách si vždy udržela své výsadní postavení. V současné době se Sellier & Bellot a.s. spolu se svými dceřinými společnostmi [Sellier & Bellot Trade a.s.](#) a [Sellier & Bellot stroje, s.r.o.](#) zabývá výzkumem, vývojem, výrobou a distribucí střeliva, pyrotechnických výrobků, speciálních zařízení, nástrojů a měřidel, a také výrobou balicích, plnicích a jiných speciálních strojů.

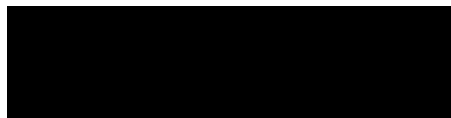
8.2 Informace získané ve spolupráci s firmou Sellier and Bellot

8.3 Naměřené hodnoty v laboratoři

Na brokovnici byly připojeny potřebné senzory pro měření dění uvnitř hlavně při výstřelu. Došlo k deseti totožným výstřelům, ze kterých vyplynuly následující prvky, viz tabulka 8.1 níže.

Rána	Tlak	Rychlost	Čas
1	56,4	414,8	2,5930
2	53,7	409,9	2,6425
3	54,3	411,2	2,6299
4	56,2	412,5	2,7793
5	61,7	419,9	2,6598
6	60,4	419,8	2,7411
7	53,9	412,1	2,8460
8	58,7	417,1	2,7830
9	57,1	414,7	-
10	58,1	413,7	2,6131

Platí pro municí



Tab. 8.1 – tabulka z grafu 8.1

Zakreslíme-li následující hodnoty do grafu 8.1, průběh vypadá následovně - viz příloha [9] - list 2
originální zaslané informace - viz příloha [9] – list 3

9. Výpočet zpětného rázu

9.1 Obecný výpočet

Vychází z předpokladu, že brokovnice je ve volném prostředí v prostoru

$$m_s = 0,028 \text{ kg}$$

$$m_b = 3,55 \text{ kg}$$

$$v_s = 420 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v_b = ? \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$F = ? \text{ N}$$

$$v_b = -\frac{m_s \cdot v_s}{m_b} = -\frac{0,028 \cdot 420}{3,55} = -3,313 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$m_b \cdot v_b = F \cdot \Delta t \Rightarrow F = \frac{m_b \cdot v_b}{\Delta t} = \frac{3,313 \cdot 3,55}{0,003} = 3920 \text{ N}$$

Síla zde vyšla 3920 N což odpovídá působení 392 kg od výstřelu na samotnou brokovnici, kterou nic nedrží – odpor zde klade pouze její vlastní hmotnost.

9.2 Výpočet přirovnaný na člověka

Nyní budeme předpokládat, že ze zbraně střílí muž o hmotnosti 80 kg

$$m_s = 0,028 \text{ kg}$$

$$m_b = 3,55 \text{ kg}$$

$$m_{\epsilon} = 80 \text{ kg}$$

$$v_s = 420 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v_b = ? \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$F = ? \text{ N}$$

$$v_b = -\frac{m_s \cdot v_s}{(m_b + m_{\epsilon})} = -\frac{0,028 \cdot 420}{(3,55 + 80)} = -0,141 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$F = \frac{m_b \cdot v_b}{\Delta t} = \frac{3,55 \cdot 0,141}{0,003} = 166,85 N$$

U tohoto výpočtu se započítáním lidské hmotnosti jsme došli k výpočtu 166,85 N, což je hodnota odpovídající 16 kg zpětného rázu. Tato hodnota již působí velmi reálně při představě jakou má brokovnice při výstřelu sílu.

9.3 Výpočet přirovnaný na celkovou hmotnost robotu

Nyní se konečně dostáváme ke zjištění zpětného rázu na robota Teodora, nesmíme zapomenout připočíst k jeho hmotnosti také hmotnost brokovnice a hmotnost mechanismu.

$$m_s = 0,028 kg$$

$$m_b = 3,55 kg$$

$$m_m = 7,1 kg$$

$$m_r = 360 kg$$

$$v_s = 420 m \cdot s^{-1}$$

$$v_b = ? m \cdot s^{-1}$$

$$F = ? N$$

$$v_b = -\frac{m_s \cdot v_s}{(m_b + m_r + m_m)} = -\frac{0,028 \cdot 420}{(3,55 + 360 + 7,1)} = -0,0317 m \cdot s^{-1}$$

$$F = \frac{m_b \cdot v_b}{\Delta t} = \frac{3,55 \cdot 0,0317}{0,003} = 43,7 N$$

Výsledná síla zpětného rázu na mechanismus je 43,7 N což zaokrouhleně udává 4,4 kg zpětného rázu a to na 360 kg robotu s výbornou stabilitou. Rameno je robustní a je umístěno v těžišti robotu. 4,4 kg zpětného rázu rameno rozhýbe, ale brzy se ustálí. Tato síla působí v jednom jediném okamžiku a to 0,003 s. Zpětný ráz je pouze teoretický, jeho skutečná hodnota bude daleko nižší a to z důvodu zanedbání odpor a úniku energií z hlavně brokovnice a vyřážečem nábojnic. Nebylo počítáno se třením, které by mělo také velký vliv na úbytku

energie v hlavní. Abychom dostali přesné hodnoty výpočtu, bylo by nutné provést pokus v laboratoři, kde by na brokovnici byly umístěny tenzometry a jiné snímače a provést měření.

Konstrukční návrh zařízení (mechanismu) byl předimenzován, konstrukce byla tvořena odhadem a s nadsázkou. Při zjištění přesných hodnot se rozměry ještě eliminují a dojde ke snížení hmotnosti.

Silové účinky při výstřelu



Obrázek 9.1 Silové účinky
(autor)

10. Závěr

Po důkladné analýze stávajícího zařízení, současně používaných robotů jsem došel k závěru, že jako optimální servisní robot je nejlépe vyhovující Teodor. Je používán českou armádou i policií a ze všech typů má největší vybavenost, jako je například rentgen k rozpoznávání nebezpečného materiálu. Oproti stávající upravené brokovnici jsem použil brokovnici, která je u nás běžně používána, brokovnice Benelli M3T super. Při poruše nebude problém vytáhnout z kufru policejního vozu zbraň novou a během okamžiku ji vyměnit. Ze tří typů zbraní používaných pro destrukci výbušných systémů jsem na základě všech kritérií zvolil tu nejvhodnější. Dále ze čtyř vývojových variant jsem díky hodnotové analýze došel k nejlepšímu řešení, varianta D. Tato varianta je kompaktní s ramenem robotu, má své vlastní zaměřování i kameru a dobře zpracované tlumení zpětného rázu při výstřelu. Zbraň může vystřelit až 7x za sebou, tudíž robot může zneškodnit několik cílů najednou a díky dobré volbě munice bude schopen během mžiku otevřít jakékoli uzamčené dveře.

Tímto bych chtěl poděkovat České zbrojovce za zaslání informace a ochotu a hlavně společnosti Sellier & Bellot panu profesoru Březinovi, který mi zodpověděl veškeré informace, dokonce byl natolik ochotný, že pro mě udělali pokus v laboratoři, díky kterému jsem se dopracoval ke všem potřebným hodnotám.

Díky nim jsem zjistil teoretickou sílu zpětného rázu přímo na použitém zařízení, která odpovídá 40 N. Bohužel se nepodařilo zjistit průběh všech sil vznikajících při výstřelu, které působí na mechanismus a brokovnici. Pro toto zjištění by bylo zapotřebí laboratoře a provést několik pokusů což bohužel není možné. Proto bylo konstrukční řešení navrženo teoreticky se značným předimenzováním a hodnotami, které by v praxi jistě vypadali jinak, hmotnost, rozměry aj.

Absolutním závěrem mé bakalářské práce bych tedy ještě jednou rád poděkoval firmě Sellier & Bellot a České zbrojovce v Uherském brodě za podílení se na řešení klíčových problémů mé práce. Děkuji zdvořile

11. Seznam doporučené literatury

Tištěná:

- [1] Kopáček J.-Žáček M. *Pneumatická zařízení strojů* Ostrava, 2003 1.vydání. 94 s. ISBN 80 – 248 – 0442 – 5.
- [2] Kárník, L. *Servisní roboty*. 1. vydání. VŠB-TU Ostrava, 2004. 144s. ISBN 80- 248 - 0626 - 6.
- [3] SKAŘUPA, J. *Metodika konstruování*, Ostrava, 1993, 1. Vydání. 158 s. ISBN 80 – 7078 – 167 – X.
- [4] Komenda J. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*, Ostrava, 2006, 1. Vydání. 131 s. ISBN 80 – 248 – 1254 – 1.
- [5] Kárník,L.,Knoflíček,R.,Marcinčin,J.N *Mobilní roboty*, Opava:MÁRFY SLEZSKO,2000.210S. ISBN 80 – 902746 – 2 – 5.
- [6] ČSN ISO 609 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- [7] LEINER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. 2 vydání. Praha: Albra, 2006. 903s. ISBN 80 – 7078 – 204 – 5.

Elektornická:

- [8] [chování hybnosti]
http://www.ucebnice.krynicky.cz/Fyzika/1_Mechanika/2_Dynamika/1215_Zakon_za_chovani_hybnosti_I.pdf

Elektronická odkazy:

- [9] <http://www.telerob.de/>
- [10] <http://www.benelli.it/index.asp?Lan=EN>
- [11] <http://www.unilaser.com>
- [12] <http://newarmy.blog.cz/0702/brokovnice-benelli-m3t-super-90>
- [13] <http://www.festo.cz>
- [14] <http://www.netrex.cz/>

12. Seznam příloh

Výkresová dokumentace

- [1] Výkres sestavy lafetace (mechanismu) SB3ROB01-05
- [2] Výrobní výkres součásti kluzná deska SB3ROB01-S1
- [3] Kusovník sestavy SB3ROB01-SP
- [4] Ceník Benelli
- [5] Specifikace elektromagnetu
- [6] Specifikace tlumiče zpětného rázu, list 1 a 2
- [7] Specifikace kamera
- [8] Specifikace laserové zaměřování

- [9] 3D-model mechanismu (Pro/Engineer)
- [10] DVD s bakalářskou prací

Katalogy

- [11] Ceník Benelli
- [12] Zbraně
- [13] Elektromagnety
- [14] Festo

Ceník Benelli – příloha [4]

**BENELLI - BROKOVÉ AUTOMATY, PUMP ACTION,
KULOVNICE A PISTOLE
MALOOBCHODNÍ CENÍK**

PLATNOST OD 1.9.2008

Uvedené ceny jsou v Kč (změna cen vyhrazena)

Brokovnice ráže 12

Pump - Action - černý plast	MC vč. DPH
NOVA / pažba lovecká / SB / 18,5"- cylindr	16599,00
NOVA / pažba lovecká / SB / 24"- I.CH. + set	17779,00
NOVA / pažba lovecká / SB / 18,5"- cyl., mířidla G.S.,scope	20386,00

Samonabíjecí - černý plast	MC vč. DPH
M 1 S90 / pažba lovecká / SB / 18,5"- cylindr	35265,00
M 1 S90 / pažba lovecká / CB / 26/28" - I.CH. + set	40744,00
M 1 S90 / pažba pist.grip / SB / 18,5"- cylindr	36372,00
M 1 S90 / pažba pist.grip / CB / 26/28" - I.CH. + set	41851,00

Samonabíjecí/pump action - černý plast	MC vč. DPH
M 3 S90 / pažba lovecká / SB / 18,5"- cylindr	41817,00
M 3 S90 / pažba lovecká / SB / 18,5"- cylindr scope	43090,00
M 3 S90 / pažba lovecká / SB / 18,5"- I.CH. + set scope	45913,00
M 3 S90 / pažba lovecká / CB / 26" - I.CH. + set	44640,00
M 3 S90 / pažba pist.grip / SB / 18,5"- cylindr	42924,00
M 3 S90 / pažba pist.grip / SB / 18,5"- cylindr scope	44216,00
M 3 S90 / pažba pist.grip / SB / 18,5"- I.CH. + set scope	47020,00
M 3 S90 / pažba pist.grip / CB / 26" - I.CH. + set	45746,00
M 3T S90 / pažba sklenná / SB / 18,5"- cylindr	46738,00
M 3T S90 / pažba sklenná / SB / 18,5"- cylindr scope	48011,00
M 3T S90 / pažba sklenná / SB / 18,5"- I.CH. + set scope	50835,00
M 3 S90 / Kromo pažba lovecká / SB / 18,5"- cylindr	48313,00

Samonabíjecí - dřevěná pažba	MC vč. DPH
Super 90 / M1 FIELD SB 24" fix choke	35962,00
Super 90 / M1 FIELD CB 24" fix choke	37597,00
Super 90 / M1 FIELD CB 24" vnější choke	34912,00
Super 90 / M1 FIELD SB 18,5" cylindr scope	37235,00
Super 90 / M1 FIELD SB 18,5" paradox	33766,00
Super 90 / M1 FIELD CB 24,26,28" I.CH. + set	41358,00

C.I.D CZ s. r. o.

Kutnauerovo náměstí 680/1
169 00 Praha 6

tel. 220 512 032

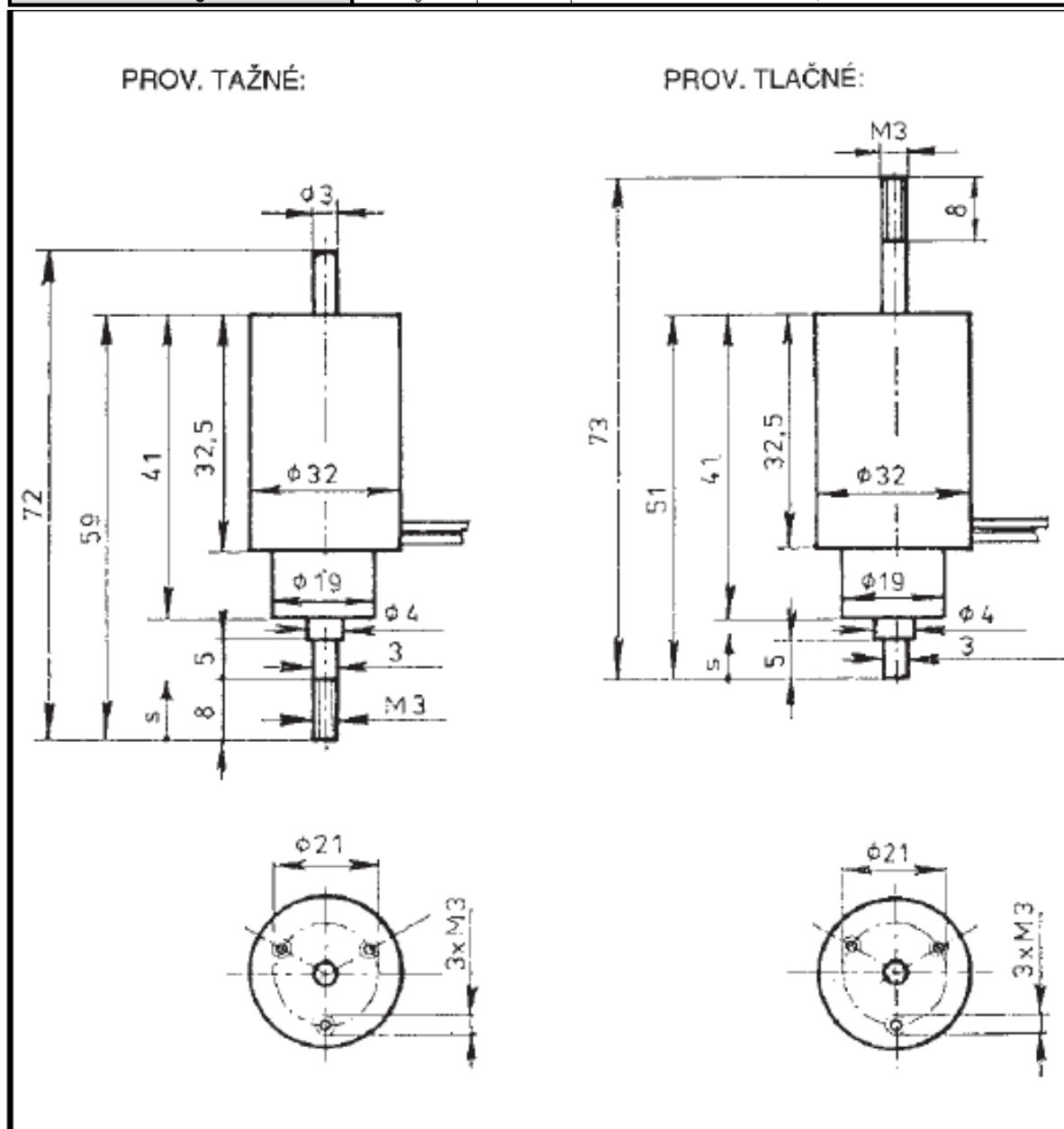
e-mail: prodejna@cidpraha.cz<http://www.cidpraha.cz>

IČO: 27593649

DIČ: CZ27593649

Specifikace elektromagnetu – příloha [5]

MEVS 032	TECHNICKÉ ÚDAJE					
Jmenovitý tah	N		3,2	6,0	9,0	12,0
Jmenovitý zdvih	mm		5			
Jmenovitá práce	N cm		1,6	3,0	4,5	6,0
Zatěžovatel	%		100	40	25	15
Jmenovitý příkon	W		7	13	20	32
Tah na zdvih	N mm	0	9,2	17,2	25,7	41,4
		1	4,0	7,5	11,2	18,2
		2	4,3	7,7	12,0	19,3
		3	4,2	7,5	11,7	18,9
		4	3,7	6,7	10,3	16,6
		5	3,2	6,0	9,2	12,6
Doba přitahu *	ms		75	75	65	60
Doba odpadu *	ms		40	40	40	40
Krytí	-		IP 00			
Tepelná třída	-		F			
Hmotnost kotvy	kg		0,035			
Hmotnost elektromagnetu	kg		0,18			



Specifikace tlumiče zpětného rázu [6] list 1

Tlumiče nárazu YSR

technické údaje

FESTO

Rozměry CAD modely ke stažení → www.festo.cz/engineering

YSR-8-8-D

1 nastavení tlumení
4 - slabší tlumení
5 + silnější tlumení
7 tlumicí doraz (obsaženo v dodávce)

YSR-...

1 nastavení tlumení
2 zásobník oleje
3 doplňování oleje
4 - slabší tlumení
5 + silnější tlumení
6 polyuretanová deska
7 tlumicí doraz YSRP (nutno objednat zvlášť)

velikost	B1	D1	D2	D3	L1	L2	L3
[mm]			Ø	Ø			
8	-	-	-	-	-	-	-
12	5	M15x1	6	12	119	18	36
16	6	M20x1,25	8	16	151	28	53
20	8	M24x1,25	10	20	174	35	60
25	10	M30x1,5	12	25	227	52	80
32	12	M37x1,5	15	32	275	75	108

velikost	L4	L5max.	L6	L7	≈ 1	≈ 2	max. dotahovací moment ≈ 1
[mm]				±0,4			[Nm]
8	-	-	-	-	-	-	5
12	52,5	5	3	10	19	2	20
16	62,5	5	5	13,5	24	2,5	35
20	72,5	6	6	17	30	3	60
25	89,8	9	10	20,5	36	4	80
32	106,3	13	15	26	46	4	100

Technická dokumentace FESTO

Specifikace tlumiče zpětného rázu [6] list 2

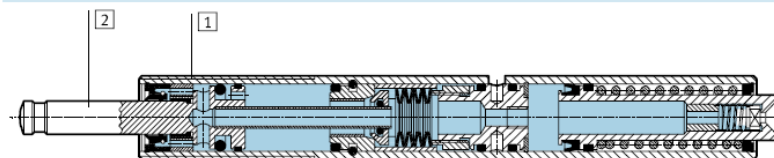
Tlumiče nárazu YSR

technické údaje

FESTO

Materiály

funkční řez

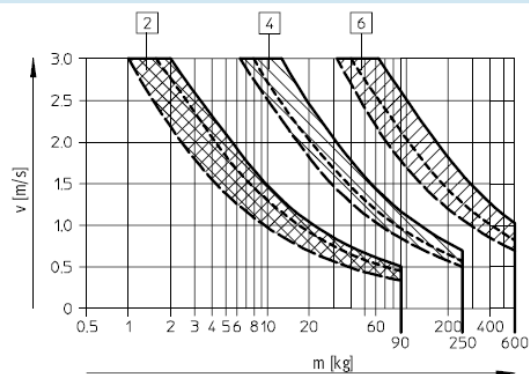
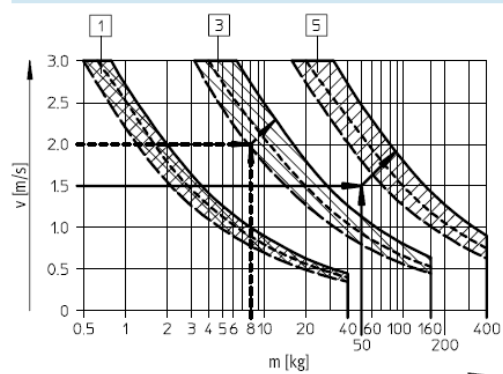


Tlumiče nárazu

[1]	těleso	pozinkovaná ocel
[2]	pístnice	silně legovaná ocel
-	těsnění	nitrilka učuk, polyuretan
	poznámka o materiálu	prosté mědi a PTFE

Diagram pro výběr tlumiče nárazu s plynule nastavitelným tlumením YSR

rychlost nárazu v v závislosti na hmotnosti m



Pro každý tlumič nárazu jsou vyznačeny tři křivky. Pro hodnoty mezi nimi se musí zprůměrovat. Vyznačené šipky se

vztahují k příkladům od strany 1 / 9.3-5.

- [1] YSR-8-8-D
- [2] YSR-12-12
- [3] YSR-16-20

- [4] YSR-20-25
- [5] YSR-25-40
- [6] YSR-32-60

Tlumení sil a diagramy při tlumení od firmy Festo

Specifikace kamera – příloha [7]

Parametry:

1/4" DSP den/noc kamera, 12 V DC, 450 TV lines, integrovaný 27x motorzoom objektiv $f=3,25-88,0\text{mm}$, vysokým rozlišením je kompaktní kamera, která je díky svým vlastnostem vhodná pro širokou škálu aplikací ať už běžných (např. sledování objektů), nebo speciálních (např. vyhodnocování technologických postupů). Z velké škály vlastností kamery lze např. vybrat digitální zpomalení závěrky až 32x, mechanický IR cut filtr, funkce WDR (široký dynamický rozsah) pro zvýšenou kompenzaci protisvětla, ZTRK zoom tracking mode - doostřování kamery vůči pohybujícím se objektům a ostření od 1cm. 10x digitální zoom; zpomalení závěrky; detekce pohybu; automatický IR filtr; OSD; SONY CCD senzor

Videonorma:	PAL
Obrazový prvek:	1/4" CCD
Počet obrazových bodů:	752 x 582
Horizontální rozlišení:	450 TV řádků
Minimální osvětlení:	1 lux (30IRE)
Rozsah automatické závěrky:	1:50 - 1:10.000
AGC - řízení zisku:	Ano
Odstup signál - šum:	48 dB
Synchronizace:	vnitřní
Objektiv:	asférický 27x zoom $f = 3,25 \sim 88,0\text{mm}$, F 1.5 (W), F 3.8 (T) Video AF
Video výstup:	1 Vp-p kompozitní PAL, BNC, S-video
Napájení:	9-15V DC
Příkon:	5,3 W
Provozní teplota:	0 až +45 °C
Rozměry:	57 x 62,4 x 97,5 mm
Váha:	330g

Specifikace laserové zaměřování – příloha [8]

UNILASER s montáží na hlavě brokovnice průměr od 17,5 mm do 24,5 mm, pro jiné rozměry jsou součástí balení redukce a vymezovací kroužky.

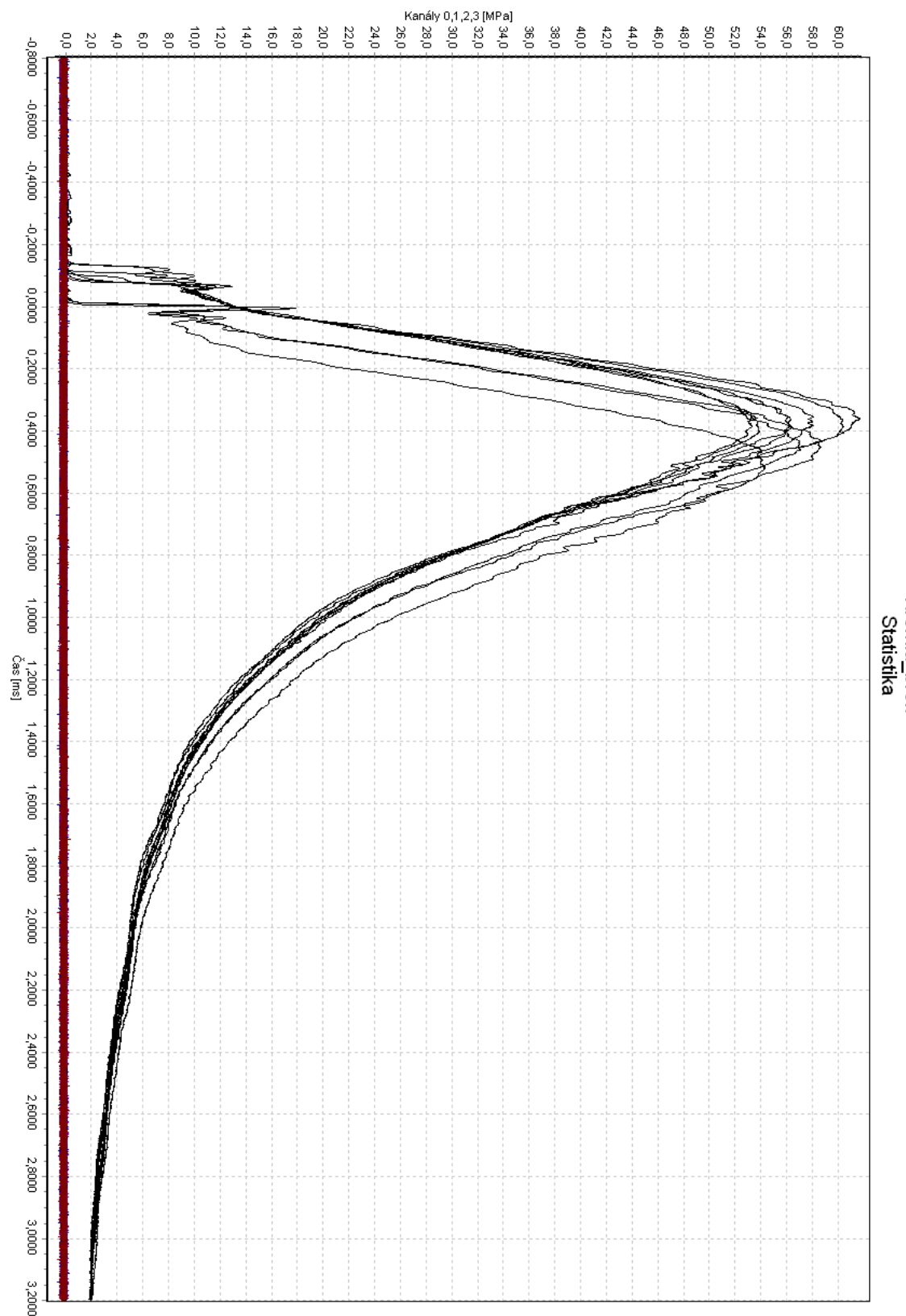
Laser je možné namontovat na PUŠKOHLED s průměrem 25mm, na vzduchovkový puškohled 4x20mm. Laser pasuje do montáží puškohledu 4x20 na 11mm drážku.

Další montáž je na PISTOLE, útočné PUŠKY na rám zbraně, včetně podložek zamezující poškrábání zbraně. Šíře rámu od 16mm do 21mm.

V balení jsou dva závěry (ovládání) laseru jeden pro krátké zbraně a puškohledy, druhý je prodloužený krouceným kabelem délka cca 29cm, natažený 100cm.

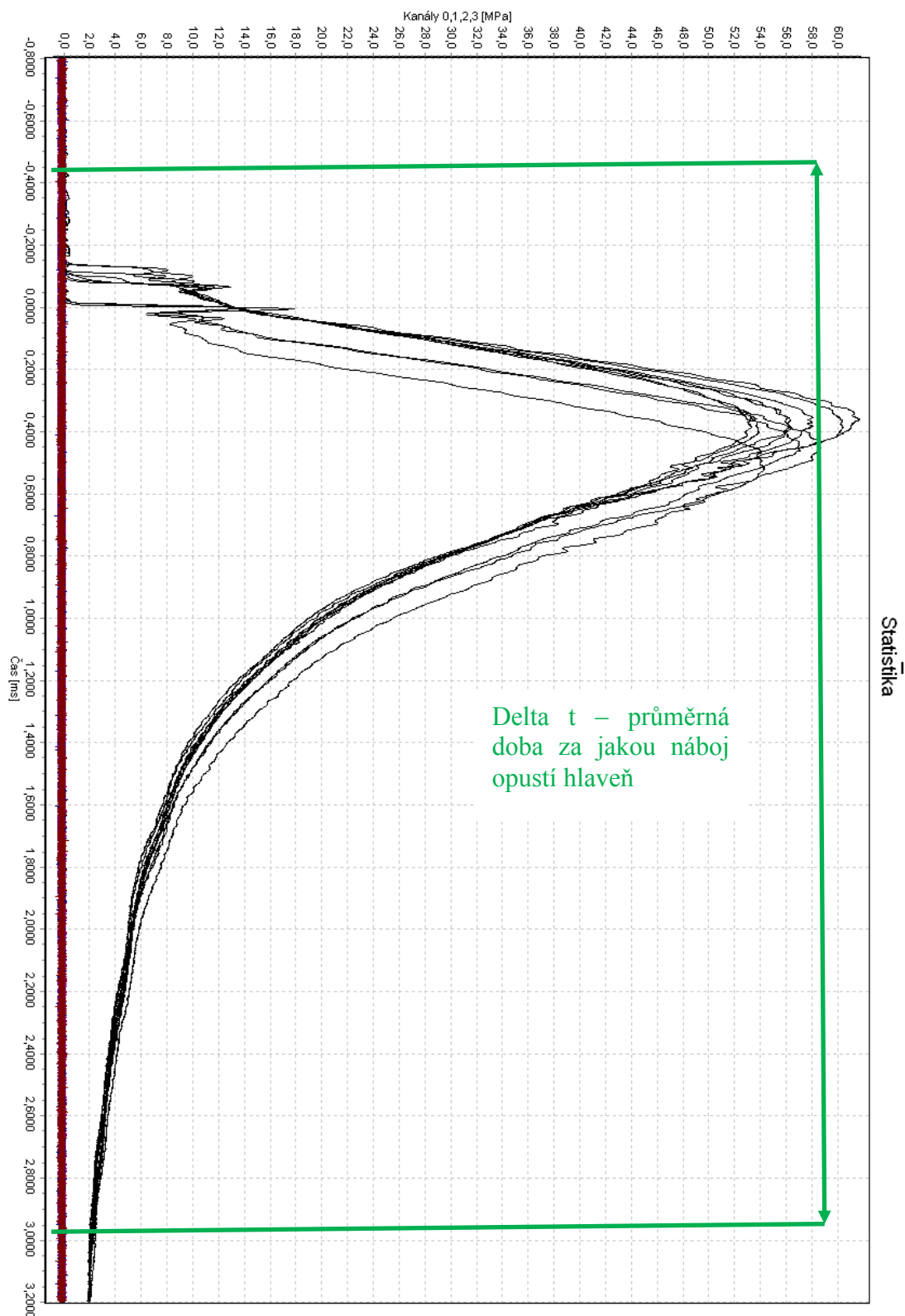
- **Barva** - černá barva
- **Velikost** - 19 mm x 67,5 mm bez ovládání
- **Materiál** - dural
- **Baterie** - 1x CR123A 3V Životnost Baterie - přerušované použití při střelbě min. 120 hod. vlnová délka/dosah - 650nm (645~665nm) / min 200 m
- **Výkon laseru** - 5 mW
- **Ovládání** - Volitelně vypínač na tělese, mikrospínač na krouceném kabelu
- **Velikost bodu** - 15mm/10m, 20mm/25m, 45mm/50m
- **Korekce laserového bodu** - 70 cm / 5m, 4x aretovací šrouby M3, bod 1.5 mm

Měření v laboratoři – příloha [9] – list 1



Graf 8.1 - originál

Měření v laboratoři – příloha [9] – list 2



Graf 8.2 - delta t

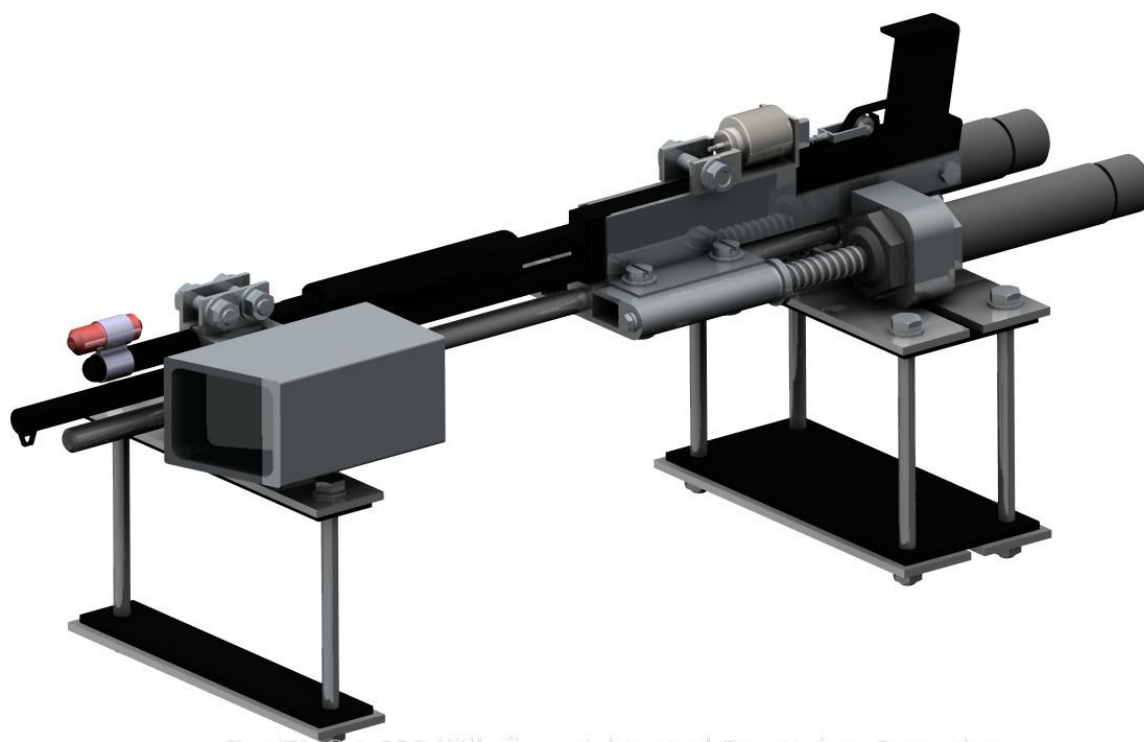
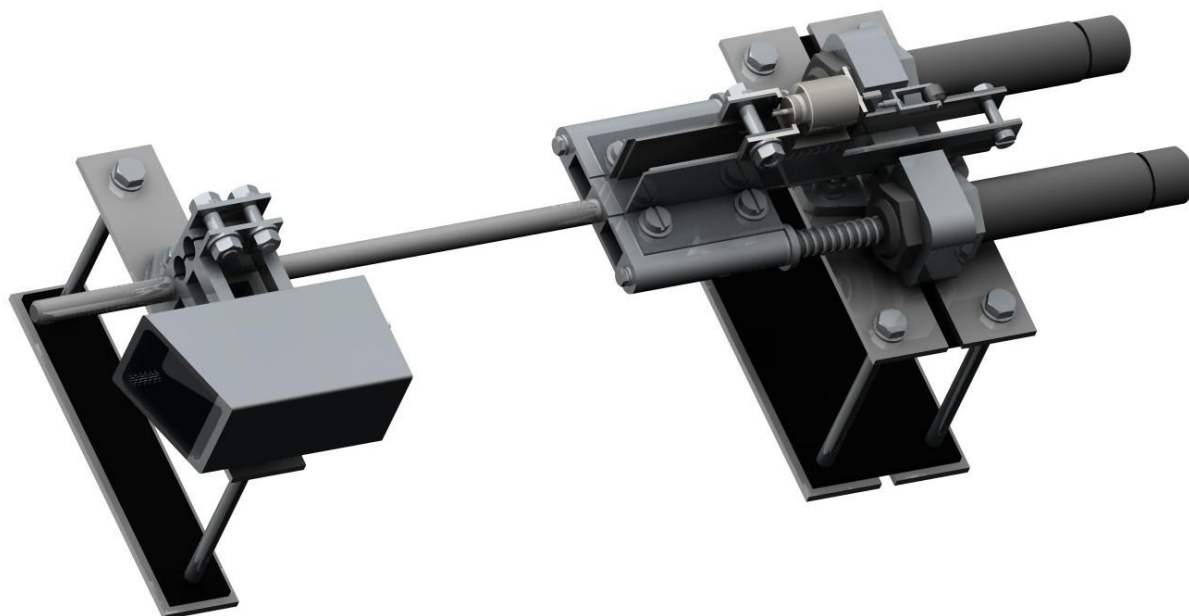
Výsledky po 10 střelách v laboratoři – příloha [9] – list 3

	1 (tlak)	2 (V2-Broky)	3 (V1,5-Broky)	4 ()
Rána	Max [MPa]	Rychlost [m/s]	Rychlost [m/s]	Čas [ms]
1	56,4	414,8	420,5	2,5930
2	53,7	409,9	415,5	2,6425
3	54,3	411,2	416,6	2,6299
4	56,2	412,5	416,6	2,7793
5	61,7	419,9	424,8	2,6598
6	60,4	419,8	425,3	2,7411
7	53,9	412,1	417,4	2,8460
8	58,7	417,1	422,6	2,7830
9	57,1	414,7	418,9	- - - . - -
10	58,1	413,7	419,1	2,6131
Avg	57,1	414,6	419,7	2,6986
SD	2,71	3,45	3,49	0,09014
Max	61,7	419,9	425,3	2,8460
Min	53,7	409,9	415,5	2,5930
Delta	8,0	10,0	9,8	0,2530

Příslušenství zvoleného optimálního typu robotu – příloha [10]

tEODor Zubehör
tEODor Equipment



Reálný pohled – příloha [11]

Pro/ENGINEER Wildfire - Advanced Rendering Extension